

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 2 (55)



**IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

2019

ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (55)



IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

2019

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал
№ 2 (55)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия
Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-26051 от 18 октября 2006 г.

Журнал входит в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов кандидатских
и докторских исследований

Журнал содержит материалы по основным разделам аграрной науки.
В нем представлены результаты научных исследований и внедрения разработок
в сельскохозяйственное производство
Издаётся с 2004 г.

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

IZVESTIYA SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY
quarterly scientific journal
№ 2 (55)

Journal is registered
in the Federal service on supervision for legislation compliance in the sphere
of mass communications and cultural heritage protection
The registration certificate of mass media
ПИ № FS77-26051 on October 18, 2006

The journal is included into the list of leading reviewed scientific journals and publications recommended
by the Higher Certification Commission of RF for the results publication of candidate
and doctoral research papers

Journal contains materials on main sections of agricultural science.
It presents research results and development implementation results into agricultural production

Published since 2004

Founder – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg state agrarian university"

ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ежеквартальный научный журнал
№ 2 (55)

Главный редактор

Доктор экономических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО СПбГАУ
Жгулев Евгений Викторович

Заместители главного редактора:

Доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе
Смелик Виктор Александрович

Доктор экономических наук, профессор, проректор по качеству образования и
информатизации
Федорков Александр Иванович

Выпускающий редактор

Баранова Марина Дмитриевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алдошин Н.В., доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

Анисимов А.И., доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Защита и карантин растений» (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

Атросенко Г.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» (06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

Болгов А.Е., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство», ФГБОУ ВО ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

Ганусевич Ф.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки));

Дидманидзе О.Н., член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

Долженко В.И., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

Долженко Т.В., доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Защита и карантин растений» (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

Донских Н.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки), 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки), 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

Елифанов А.П., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика и электрооборудование» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

Иванов А.И., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ АФИ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки), 06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки));

Карпов В.Н., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

Карынбаев А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биология», Таразский Государственный Университет им. М.Х. Дулати (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки), 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

Кулинцев В.В., доктор сельскохозяйственных наук, директор, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

Лаврищев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой «Почвоведение и агрохимия» (06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки));

Лаптев Г.Ю., доктор биологических наук, директор, ООО «Биотроф» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

Митюков А.С., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ИНОЗ РАН (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

Найда Н.М., доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие и луговое хозяйство» (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки));

Новиков М.А., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)), 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

Осипова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки), 06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

Осипова О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета «Зооинженерия и биотехнологии» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

Попов В.Д., академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

Рогозина Е.В., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля, ВИР (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки));

Ружьев В.А., кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Технические системы, сервис и энергетика» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

Смелик В.А., доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

Сорокопудов В.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. центром генетики, селекции и интродукции садовых культур, ФГБНУ ВСТИСП (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки), 06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

Спиридонов А.М., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета «Плодоовощеводство и перерабатывающие технологии» (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки), 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

Станишевская О.И., доктор биологических наук, руководитель отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, ВНИИГРЖ – филиал ФГБНУ «ФНЦ животноводства – ВИЖ им. Академика Л.Н. Эрнста» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

Шульга Л.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Генетика, разведение и биотехнологии животных» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

Якушев В.П., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель отдела моделирования адаптивных агротехнологий, ФГБНУ АФИ (06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки)).

IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY

QUARTERLY SCIENTIFIC JOURNAL
№ 2 (55)

Editor-in-Chief

Doctor of Economics, Rector of FSBEI HE SPbSAU

Zhgulev Evgeny Viktorovich

Deputies Editor-in-Chief

Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Science

Smelik Viktor Aleksandrovich

Doctor of Economics, Vice-Rector for the Quality of Education and Informatization

Fedorkov Aleksandr Ivanovich

Executive Journal Editor

Baranova Marina Dmitrievna

EDITORIAL BOARD

Aldoshin N.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Agricultural Machines" at FGBOU VO RSAU-Moscow Agricultural Academy of K.A. Timiryazev (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

Anisimov A.I., Doctor of Biology, Professor of the Department of "Plant Protection and Quarantine" (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

Atroshchenko G.P., Doctor of Agriculture, Professor of the Department of "Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture" (01.06.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences), 01.06.09 Vegetable farming (Agricultural Sciences));

Bolgov A.E., Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of "Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management", FSBI VO PetrGU (06.02.07 Breeding, selection genetics of farm animals (Agricultural Sciences));

Ganusevich F.F., Doctor of Agriculture, Professor, Head of "Plant Growing Department of I.A. Stebut" (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences));

Didmanidze O.N., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Automobile Transport", FGBOU VO RSAU-Moscow Agricultural Academy of K.A. Timiryazev (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

Dolzhenko V.I., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Deputy Director for Scientific Work, FGBNU VIZR (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

Dolzhenko T.V., Doctor of Biology, Associate Professor of the Department of "Plant Protection and Quarantine" (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

Donskikh N.A., Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of "Farming and Grassland" (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences), 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences), (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

Epifanov A.P., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Electricity and Electrical Equipment" (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

Ivanov A.I., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Chief Researcher, FGBNU APhI (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences), 06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences), 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences));

Karpov V.N., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Power Supply of Enterprises and Electrical Technologies" (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

Karynbaev A.K., Doctor of Agriculture, Professor of Department of "Biology", Taraz State University of M. X. Dulati (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences), 06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products (Agricultural Sciences));

Kulintsev V.V., Doctor of Agriculture, Director, FGBNU North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

Lavrishchev A.V., Doctor of Agriculture, Associate Professor, Head of the Department of "Soil Science and Agrochemistry" (06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences), 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences));

Laptev G.Yu., Doctor of Biology, Director of "Biotrof" LLC (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

Mityukov A.S., Doctor of Agriculture, Leading Scientific Researcher, INOZ RAN (06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products (Agricultural Sciences));

Naida N.M., Doctor of Biology, Professor of the Department of "Farming and Grassland" (06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences));

Novikov M.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Technical Systems in Agribusiness" (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences)), 05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

Osipova G.S., Doctor of Agriculture, Professor of the Department of "Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture" (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences), 06.01.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences), 06.01.09 Vegetable farming (Agricultural Sciences));

Osipova O.V., Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Animal Science and Biotechnology" (06.02.10 Private animal husbandry, technology for the production of livestock products (Agricultural Sciences));

Popov V.D., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, IAEP- Branch of FGNU FNAC VIM (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

Rogozina, E.V., Doctor of Biology, Leading Scientific Researcher of Potato Genetic Resources Department, VIR (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences));

Ruzhyev V.A., Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Technical Systems, Service and Energetics" (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

Smelik V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice- Rector for Science» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

Sorokopudov V.N., Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Center for Genetics, Breeding and Introduction of Horticultural Plants, FGBNU VSTISP (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences), 06.01.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences));

Spiridonov A.M., Doctor of Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Horticulture and Processing Technologies" 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences), (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

Stanishevskaya O.I., Doctor of Biology, Head of the Department of Genetics, Breeding and Preservation of genetic resources of agricultural birds VNIIGRZh – Branch of FGBNU "FNC animal breeding – VIZh of Academician L.N. Ernst" (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences));

Shulga L.P., Doctor of Agriculture, Professor of the Department "Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals" (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences));

Yudaev I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Research of the Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of FGBOU VO Don GAU (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

Yakushev V.P., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agronomy, Professor, Head of the Department of Adaptive Agrotechnology Modeling, FGBNU AphI (06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences); 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences)).

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

| | |
|---|----|
| Найда Н.М., Шлаш М.С. Сравнительная оценка биологических и морфометрических характеристик <i>Nigella Sativa</i> в условиях Сирии и Ленинградской области | 11 |
| Радюкевич Т.Н., Бондарева Л.М., Лашина Н.М. Изучение коллекции ярового ячменя для целей селекции на Северо-Западе России | 16 |
| Колесников Л.Е., Чекурова С.С., Колесникова Ю.Р. Выявление основных факторов, влияющих на структуру урожайности пшеницы и ее изменчивость в условиях Ленинградской области | 22 |
| Нсенгумуремый Д., Баракова Н.В., Митюков А.С. Влияние ультрадисперсных гуматосапропелевых суспензий на микробиологическую обсемененность ячменя и послеспиртовой барды | 28 |
| Плотникова Т.В., Владимировна С.Н., Саломатин В.А. Эффективность комплексного удобрения Хакафос при возделывании табака | 33 |
| Гамзаева Р.С. Применение биодеструктора Бак-Верад на дерново-подзолистой почве, загрязненной нефтепродуктами | 38 |
| Трусова Л.А., Алфёрова И.Ю. Сравнительная оценка органической и органоминеральной системы удобрения на дерново-подзолистой почве в условиях Ленинградской области | 46 |
| Кирсанов А.Д., Комаров А.А., Суханов П.А. Динамика плодородия почв на тестовом полигоне Лужского района Ленинградской области | 52 |
| Баланов П.Е., Смотряева И.В., Абдуллаева М.С. Российское дикорастущее и сельскохозяйственное сырье как источник получения ресвератрола | 57 |

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

| | |
|--|----|
| Матюков В.С., Жариков Я.А., Лобов Д.В. Сохранить холмогорскую породу – основу органического сельского хозяйства на Севере | 63 |
| Фирсова Э.В., Карташова А.П. Основные породы молочного скота в хозяйствах Российской Федерации | 69 |
| Глебов Н.Е. Фактическая обеспеченность быков-производителей питательными и биологически активными веществами в условиях ООО «Нижегородское» по племенной работе | 76 |
| Дуняшев Т.П., Соболев Д.В., Лаптев Г.Ю. Сравнительный анализ бактериального сообщества рубца у молодых и взрослых особей <i>Rangifer Tarandus</i> из арктических регионов России в осенне-зимний период | 80 |
| Хайитов А.Х., Шевхужев А.Ф., Смакуев Д.Р. Формирование мясной продуктивности у молодняка овец карачаевской породы | 84 |
| Горелик О.В., Горелик Л.Ш., Харлап С.Ю. Динамика морфологических показателей качества яиц и их взаимосвязь в ходе репродуктивного периода | 91 |
| Чепуштанова О.В., Шацких Е.В., Рогозинникова И.В. Результаты инкубации яиц с использованием различного оборудования | 97 |

| | |
|---|-----|
| Васильева Л.Т., Щепеткина С.В. Влияние подкормки «Элесол» на качество скорлупы куриных яиц | 102 |
| Терлецкий В.П., Тыщенко В.И., Позднякова Т.Э. Генетический анализ популяций птицы с использованием меченого олигонуклеотидного ДНК-зонда | 108 |
| Суховольский О.К., Мамаенко А.В. Разработка методики выявления рака предстательной железы у человека специально обученными собаками | 113 |

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

| | |
|--|-----|
| Карпов В.Н. Практическое управление энергоэффективностью предприятия | 118 |
| Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Горбунов А.О. Снижение потерь мощности от несинусоидальных токов в сельских электрических сетях 0,38 кВ | 125 |
| Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование структуры магнитного поля в электромеханических диспергаторах | 135 |
| Епифанов А.П., Криль Д.Б. Повышение эффективности низкоскоростных линейных асинхронных двигателей монорельсовых транспортных систем | 142 |
| Хакимов Р.Т., Дидманидзе О.Н., Парлюк Е.П. Определение метанового числа состава сжиженного природного газа | 150 |
| Кубеев Е.И., Антропов Б.С., Зейнетдинов Р.А. Расход масла – основной эксплуатационный показатель автомобильной техники | 159 |
| Алдошин Н.В., Мехедов М.А., Малла Бахаа Уборка смешанных посевов аксиально-роторными зерноуборочными комбайнами | 166 |
| Морозов В.В., Тельпук М.Б. Особенности послеуборочной обработки сортообразца полбы «Нагая» | 173 |
| Ерошенко Г.П., Соловьев Д.А., Бакиров С.М. Снижение мощности электропривода секции дождевальной машины за счет изменения диаметра водораспределительного трубопровода | 178 |
| Пьянзов С.В. Методика динамической оценки технического состояния объемных гидроприводов | 184 |
| Шамонин В.И. Оценка показателей качества и энергоэффективности в технологиях первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия | 192 |
| Файзуллин М.И., Иванов А.Г., Корепанов Ю.Г. Регрессионный анализ исследования процесса закрытого компостирования подстилочного навоза методом искусственной аэрации | 198 |
| Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ- технологий | 203 |
| Аннотации | 210 |

AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY

| | |
|--|----|
| Nayda N.M., Shlash M.S. Comparative evaluation of biological and morphometric characteristics of <i>Nigella Sativa</i> in the in environmental conditions of Syria and the Leningrad region | 11 |
| Radyukevich T.N., Bondareva L.M., Lashina N.M. Study of spring barley collection for the aims of selection in the North-West of Russia | 16 |
| Kolesnikov L.E., Chekurova S.S., Kolesnikova Yu.R. Identification of the main factors affecting the structure of wheat yield and its variability in the Leningrad region..... | 22 |
| Nsengumuremy D., Barakova N.V., Mityukov A.S. The impact of ultradisperse humic sapropel suspensions on microbial contamination of barley and distillers dried grains | 28 |
| Plotnikova T.V., Sidorova N.V., Salomatin V.A. Efficiency of complex fertilizer hakafos for tobacco cultivation | 33 |
| Gamzayeva R.S. The use of biodestructor Buck-Verad on sod-podzolic soil, contaminated with petroleum products | 38 |
| Trusova L.A., Alferova I.Y. Comparative evaluation of organic and organic-mineral system of fertilizers on sod-podzolic soil in Leningrad region | 46 |
| Kirsanov A.D., Komarov A.A., Sukhanov P.A. The dynamics of soil fertility at the test site of the Luga district of the Leningrad region | 52 |
| Balanov P.E., Smotraeva I.V., Abdullaeva M.S. Russian wildlife and agricultural raw materials as a source for resveratrol | 57 |

AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE

| | |
|--|-----|
| Matyukov V.S., Zharikov Y.A., Lobov D.V. Kholmogory breed keeping as a base of organic agriculture in the north | 63 |
| Firsova E.V., Kartashova A.P. Main breeds of dairy cattle in the farms of the Russian Federation | 69 |
| Glebov N.V. The actual provision of sires by nutritional and biologically-active substances in conditions of «Nizhegorodskoye» LTD. on stockbreeding | 76 |
| Dunyashev T.P., Sobolev D.V., Laptev G.Y. Comparative analysis of the rumen bacterial community in young and adults of the <i>Rangifer Tarandus</i> from the arctic regions of Russia in the autumn-winter period | 80 |
| Khaitov A.Kh., Shevkhuzhev A.F., Smakuev D.R. Meat productivity formation in young sheep of karachay breed | 84 |
| Gorelik O.V., Gorelik L.Sh., Kharlap S.Yu. Dynamics of morphological indicators of egg quality and their relationship during the reproductive period | 91 |
| Chepushtanova O.V., Shatskih E.V., Rogozinnikova I.V. Results of eggs incubation using different equipment | 97 |
| Vasilieva L.T., Shchetkina S.V. The effect of «Elesol» on the quaiety of chicken eggs shell | 102 |
| Terletsky V.P., Tyshchenko V.I., Pozdnyakova T.E. Genetic analysis of birds populations with the use of labeled oligonucleotide DNA probe | 108 |
| Sukhovolsky O.K., Mamaenko A.V. Development of techniques for identifying prostate cancer in a human by specially trained dogs | 113 |

**ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING
SYSTEMS**

| | |
|---|-----|
| Karpov V.N. Practical management of energy efficiency at the enterprise | 118 |
| Kosoukhov F.D., Vasiliev N.V., Gorbunov A.O. The reduction of power loss from non-sinusoidal currents in rural electric networks 0,38 kV | 125 |
| Bezzubtseva M.M., Volkov V.S. The study of the magnetic field structure in electromechanical dispersants..... | 135 |
| EPIFANOV A.P., KRIL D.B. The efficiency improving of low-speed linear asynchronous motors of monorail transport systems | 142 |
| Khakimov R.T., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Determination of the methane number in liquefied natural gas composition | 150 |
| Kubeev E.I., Antropov B.S., Zejnetdinov R.A. Oil consumption is the main operational indicator motor equipment | 159 |
| Aldoshin N.V., Mehedov M.A., Malla Bahaa Harvesting of mixed crops by axial rotary combine harvesters | 166 |
| Morozov V.V., Telpuk M.B. Specifics of the after-harvesting treatment of the «Nagaya» polba variety | 173 |
| Eroshenko G.P., Solovyev D.A., Bakirov S.M. Reducing of the electric drive power of the sprinclar section by changing of the water distribution pipeline diameter | 178 |
| Pyanzov S.V. Technique of dynamic assessment of the technical condition of volumetric hydraulic drives | 184 |
| Shamonin V.I. Assessment of indicators of quality and energy efficiency in the technology of primary restoration of fixed lands for conditions of organic farming | 192 |
| Fayzullin M.I., Ivanov A.G., Korepanov Yu.G. Regressional analysis of the research process of the closed composting of bedding manure by the method of artificial aeration | 198 |
| Logacheva E.A., Zhdanov V.G., Zobnin V.I. Study of the frequency characteristics of agricultural materials to ensure the safety of microwave technologies | 203 |
| Annotations | 210 |

УДК 58:633.8

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12011

Доктор биол. наук **Н.М. НАЙДА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, nayda.nad@yandex.ru)
Канд. биол. наук **М.С. ШЛАШ**
(Сирийская Арабская Республика)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК *NIGELLA SATIVA* В УСЛОВИЯХ СИРИИ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Род чернушка *Nigella* L. насчитывает, по разным источникам, 15-20 видов [1-3]. Родина чернушки посевной *N.sativa* L. – Средиземноморье, она распространена в Средней и Атлантической Европе, Средиземноморье, в Малой и Средней Азии, Иране, Афганистане, в Индии, Пакистане, Китае, Северной Африке, в Европейской части России и на Кавказе [1-3]. Это однолетнее травянистое растение, высотой 8-50 см, со стержневой корневой системой, прямостоячими стеблями и дважды перисто-рассеченными листьями. Обоеполые правильные цветки имеют голубую окраску, а пыльники с едва заметным остроконечием.

На Западе это растение называют «черный тмин» или «черный кориандр». Семена чернушки имеют мускатный запах и острый вкус, но не оказывают раздражающее действие на слизистую оболочку желудка. Поэтому чернушку издавна возделывали как пряность. Семена чернушки содержат до 40% жирного масла, 0,46-1,5% эфирного масла, тритерпеновые сапонины, алкалоиды нигеллин и дамасцеин, гликозид мелантин, стероиды, терпены, токоферолы и другие соединения [4]. В традиционной медицине Индии, Пакистана и арабской медицине семена чернушки применяют как мочегонное, желчегонное, глистогонное, мягкое слабительное и желудочное средство [5]. Чернушка помогает при астме, кашле, подагре, ревматизме, ртутных отравлениях, кожных заболеваниях, она усиливает секрецию молока у кормящих женщин. Чернушку посевную используют и в гомеопатии [4]. Семена применяют в хлебобулочной, кондитерской и консервной промышленности, а эфирное масло – парфюмерной промышленности. Чернушка – прекрасное декоративное растение.

Цель исследований – сравнительный анализ особенностей роста и развития растений чернушки посевной и урожайности семян в условиях Сирии и Ленинградской области.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования была чернушка посевная – образец культурной популяции из Сирии. Изучение особенностей роста и развития чернушки посевной проводили на севере Сирии (г. Хасеке) в 1998-2000 гг. и в Ленинградской области в 2009-2018 гг. Морфологические, анатомические и биохимические исследования были проведены в лабораториях СПбГАУ.

Рельеф северной части Сирии – равнинный с горными образованиями, местность сложена из осадочных нестойких пород, залегающих почти правильными горизонтальными пластами. Почвы в этой части страны – гипсовые, при орошении пригодные для возделывания хлопчатника. В 1998-2000 гг. ночные температуры января-февраля опускались до -1° С, днем воздух прогревался до + 11-14°С. В апреле среднесуточная температура составляла 12-13°С, а в мае дневные температуры были 26-28°С. Дневная температура летних месяцев достигала 38-40°С, ночью опускалась до 18-20°С. За год выпало 100 мм осадков.

Посев семян чернушки в Сирии проводили 15-20 января, расстояние между растениями 15 см, между рядками – 20-25 см, все приемы соответствовали региональной технологии. Полив проводили каждые 10 дней, а в период плодоношения – через 20 дней.

Климат Ленинградской области умеренно холодный, лето короткое и прохладное, суммарная солнечная радиация не превышает 3300 МДж/м², а сумма температур выше 10°C колеблется в пределах от 1986° до 2210°C, продолжительность этого периода составляет в среднем 110-120 дней. Продолжительность безморозного периода колеблется в разных районах Ленинградской области от 90 до 160 дней. Непостоянство погоды – характерная особенность климата: зимой частые оттепели, а весной – возвраты холодов.

Погодные условия в годы наблюдений были различные: вегетационные периоды 2013-2015, 2018 гг. были благоприятными для роста и развития растений, в 2016 г. осадков выпало значительно больше нормы, но температурный режим был близок к многолетним значениям, а 2017 г. был холодным и дождливым.

Изучение чернушки посевной проводили на малом опытном поле СПбГАУ в питомнике лекарственных и эфирномасличных растений. Почва участка – дерново-карбонатная среднесуглинистая, высоко окультуренная, пахотный слой – 24 см; содержание гумуса – 4,3%, P₂O₅ – 200-230 мг/кг почвы, K – 200-230 мг/кг почвы, pH – 5,8. Посев проводили в первой декаде мая.

Результаты исследований. При выращивании растений в новых для них почвенно-климатических условиях происходит адаптация к этим условиям, но при этом может меняться ритмичность роста и развития как всего растения, так и его отдельных частей. Могут меняться морфологические признаки и их количественные показатели, в конечном итоге и продуктивность растений.

Посев семян чернушки в Сирии проводили во второй декаде января, всходы появлялись через 5-7 дней. Прорастание надземное, семядоли выносятся на поверхность, освобождаясь от покровов семени. Проросток имеет семядоли, апекс с 1-2 бугорками листьев, гипокотиль и главный корень [6, 7, 8]. В Ленинградской области сеяли чернушку в первой декаде мая. Ритмы прохождения фенологических фаз представлены в табл.1.

Таблица 1. Фенологические фазы развития чернушки посевной

| Регион возделывания | Посев | Всходы | Бутонизация | Цветение | Плодоношение |
|-----------------------|-------|------------|-------------|----------------|--------------|
| Сирия | 15.01 | 21-22.01 | с 08-12.03 | 20-23.03-05.05 | 05.04-20.05 |
| Ленинградская область | 10.05 | 28.05-1.06 | 05.07-12.07 | 12.07-05.08 | 20.07-30.09 |

Сравнительный анализ наступления и прохождения фенологических фаз чернушки в разных условиях показал, что в Сирии общая длительность межфазного периода от посева до конца плодоношения составляет 120-125 дней (табл.1, 2), семена созревают в апреле-мае и к концу 2 декады мая жизненный цикл завершается [6, 7, 8]. В условиях Ленинградской области полный жизненный цикл чернушка проходит за 140-145 дней, скорость прорастания семян замедленная, поэтому всходы появлялись через 18-20 дней, а фаза цветения была короче, чем в Сирии, почти в 2 раза. Фаза плодоношения и созревания семян растянута до конца сентября. И несмотря на это, не во всех плодах вызревают семена.

Таблица 2. Длительность фенофаз и межфазных периодов чернушки посевной

| Регион возделывания | Посев-всходы, дни | Длительность бутонизации, дни | Длительность цветения, дни | Длительность плодоношения, дни | Длительность периода посев-конец плодоношения, дни |
|-----------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|
| Сирия | 6-7 | 10-15 | 40-45 | 40-45 | 120-125 |
| Ленинградская область | 18-20 | 7-10 | 19-24 | 70 | 140-145 |

Результаты сравнительного изучения количественных морфологических признаков и продуктивности растений чернушки в условиях Сирии и Ленинградской области показали их варьирование в сильной степени. Так, в условиях Сирии на одном растении формируется от 15 до 40 цветков и 18-25 листьев, высота растений к моменту цветения была 41,2-45,0 см (табл. 3), один цветок цвел 4-5 дней. В Ленинградской области высота растений в фазу цветения была 20,0-25,3 см, число листьев – 4-7 шт., число цветков на растении колебалось от 4 до 11 шт., один цветок цвел 3-4 дня.

Таблица 3. **Морфометрические особенности чернушки посевной**

| Регион возделывания | Высота растений | Число цветков на 1 растении, шт. | Число листьев на 1 растении, шт. | Число боковых побегов II порядка, шт. | Число боковых побегов III порядка, шт. |
|-----------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Сирия | 41,2-45,0 | 15-40 | 18-25 | 15-25 | 8-20 |
| Ленинградская область | 20,0-25,3 | 4-11 | 4-7 | 2-4 | 1-3 |

Количественные показатели, составляющие структуру урожайности, приведены в табл.4. В сильной степени (почти в 5 раз) в условиях Сирии и Ленинградской области различались такие показатели, как число плодов на растении, семенная продуктивность и урожайность, в меньшей – число листовок в плодах и содержание жира в семенах. Урожайность семян составляла соответственно 640,9-670,0 и 140-160 кг/га. Невысокая урожайность семян в Ленинградской области объясняется более низкими структурными показателями продуктивности, с одной стороны, и тем, что семена в плодах на побегах II и III порядков не успевали вызревать до наступления холодов. Содержание жирного масла в семенах достигало 39,5%.

Таблица 4. **Количественные морфобиологические признаки и продуктивность чернушки посевной**

| Регион возделывания | Среднее число плодов на 1 растении, шт. | Среднее число листовок в плоде, шт. | Семенная продуктивность 1 растения, шт. | Урожайность семян, кг/га | Содержание жирного масла в семенах, % |
|-----------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---------------------------------------|
| Сирия | 26,5 | 5,2 | 724,5 | 640,9-670,0 | 45,6-52,8 |
| Ленинградская область | 5,7 | 4,3 | 137,2 | 140,0-160,0 | 39,5 |

Особое внимание было уделено изучению строения цветка и опыления в условиях Ленинградской области.

Цветки у чернушки одиночные, правильные, с двойным околоцветником. Особенность цветков заключается в том, что чашелистики окрашены в голубой цвет, а лепестки, имеющие тычиночное происхождение, со временем превратились в нектарники – их от 5 до 8 шт. Лепесток-нектарник имеет на брюшной стороне чешуйку-крышечку, прикрывающую нектароносную ткань, и приспособлен не только к выделению нектара, но и к его накоплению.

Тычинок в цветке много, они расположены по спирали, не закрыты околоцветником и легко доступны пчелам для сбора пыльцы. Гинецей в цветках чернушки представлен более или менее сросшимися плодолистиками, их свободная часть – носики расходятся в разные стороны и воспринимают пыльцу. Плод у чернушки – ценокарпная многолистовка, отличается от апокарпной многолистовки срастанием боковых стенок, а от типичной коробочки – характером раскрытия. Раскрываются плоды в верхней свободной части листовки.

В условиях Ленинградской области чернушку опыляют медоносные пчелы и шмели. Для цветков чернушки характерна протогиния – это когда первым созревает и начинает

воспринимать пыльцу рыльце пестика. Бутоны у чернушки открытые, чашелистики не смыкаются, имеют зеленовато-желтоватую окраску и вертикальное положение. Тычиночные нити короткие, пыльники и плодолистики одинаковой высоты располагаются внутри бутона (рис.1). Когда чашелистики начинают отгибаться наружу и менять окраску, носики (поверхность, воспринимающая пыльцу) плодолистиков быстро удлиняются и выставляются из цветка, начинается опыление (рис.1). В условиях Ленинградской области пчелы активно посещают цветки чернушки; в течение 1 ч отмечалось до 3-5 пчел и 1-2 шмеля. Пестичная фаза цветка длится 2-4 дня. За это время чашелистики увеличиваются, принимают горизонтальное положение, их окраска становится голубой, начинают расти тычиночные нити. Когда пыльники наружного витка спирали тычинок раскрываются, плодолистики уже значительно увеличиваются, идет формирование листовок (рис. 2). Тычиночные нити отпыливших пыльников отклоняются вниз и засыхают, затем начинает пылить следующий виток тычинок и так далее.



Рис. 1. Чернушка посевная; фазы развития цветка: 1 – открытый бутон, тычинки и плодолистики одинаковой высоты; 2 – стилодии плодолистиков выставлены для восприятия пыльцы



а



б

Рис. 2. Чернушка посевная: а – пыление первого круга тычинок; б – пыление последнего круга тычинок и формирование листовок

Выводы. Почвенно-климатические условия Ленинградской области обеспечивают нормальный рост и развитие чернушки посевной: она цветет, дает плоды и семена, длительность вегетационного периода достигает 140-145 дней. Все морфометрические и биологические характеристики в условиях Сирии значительно превышали показатели в Ленинградской области. В меньшей степени менялись морфологические параметры растения: цветок и плод. В условиях Ленинградской области чернушку посевную можно выращивать как пряно-вкусовое растение, для получения жирного масла, как нектароносное, пыльценозное и декоративное растение.

Литература

1. **Флора СССР.** М.: Изд-во АН СССР, Т. VII. – 1937. – С. 62-72.
2. **Flora Europaea.** – Т.V. – Camb., 1964. – P. 209-210.
3. **Флора Восточной Европы.** – СПб: Мир и семья, 2001. – С.48.
4. **Большой энциклопедический словарь** лекарственных растений: Учебное пособие/ Под ред. Г.П. Яковлева. -3-е изд., исп. и доп. – СПб: Спецлит, 2015. – 759 с.
5. **Elwakil M.A., Ghoneem K.M.** Detection and location of seed-born Fungi of Black cumin and their transmission in seedlings/Pakistan Journal of Biological Sciences. – 1999. – P. 559-564.
6. **Шлаш М.С.** Онтогенез и перспективы рационального использования *Nigella sativa* в условиях Сирии: автореферат дис... канд.биол. наук. – СПб, 2004.- 19 с.
7. **Шлаш М., Найда Н.М., Детков А.А.** Особенности цветения и опыления чернушки посевной//Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы V Международного симпозиума. – Т. 2. – М., 2003. – С. 108-111.
8. **Шлаш М., Найда Н.М.** Некоторые биологические особенности семян чернушки посевной//Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов: сборник научных трудов. - № 7.- М., 2003. – С.177-181.

Literatura

1. **Flora SSSR.** – М.: izd. AN SSSR, 1937. – Т.VII. – S. 62-72 .
2. **Flora Europaea.** – Т.V. – Camb., 1964. – P. 209-210.
3. **Flora Vostochnoi Evropi.** – SPb. – Mir I semia, 2001.- S.48.
4. **Bolshoi enciklopedicheski slovar** lekarstvennih rastenii: uchebnoe posobie/ pod.red.G.P. Iakovleva. – SPb.: SpecLit, 2015. – 759 s.
5. **Elwakil M.A., Ghoneem K.M.** Detection and location of seed-born Fungi of Black cumin and their transmission in seedlings/Pakistan Journal of Biological Sciences. – 1999. – P. 559-564.
6. **Shlash M.S.** Ontogenez I perspektivi racionalnogo ispolzovania *Nigella sativa* v usloviah Syrii.: avtoreferat diss...kand. biol.nauk. – SPb, 2004. – 19 s.
7. **Shlash M. S., Nayda N.M., Detkov A.A.** Osobennosti cvetenia I opilenia *Nigella sativa*. //Materiali V mezdunarodnii symposium. – Т. 2. – М., 2003. – S.108-111.
8. **Shlash M. S., Nayda N.M.** Nekotorie biologicheskie osobennosti semian *Nigella sativa*/Aktualnie problemi innovacii s netradicionnimi resursami I sozdania funkcionalnih produktov: Sbornik nauchnih trudov. – N 7. – М., 2003. – S.177-181.

УДК 633.16

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12016

Ст. научный сотрудник **Т.Н. РАДЮКЕВИЧ**
(ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства «Белогорка», lenniish@mail.ru)
Вед. научный сотрудник **Л.М. БОНДАРЕВА**
(ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства «Белогорка», lenniish@mail.ru)
Науч. сотрудник **Н.М. ЛАШИНА**
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт защиты растений», nlashina@mail.ru)

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЕКЦИИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Ячмень среди культурных злаков является одной из основных сельскохозяйственных культур, обладающих ценными качествами. Это самая северная, самая скороспелая, самая высокогорная и одна из наиболее засухоустойчивых культур [1].

Перед селекционерами стоит важнейшая задача – создание скороспелых сортов ячменя для регионов с коротким периодом вегетации. Зерновые культуры в Северо-Западном регионе в основном выращивают на фуражные цели. Яровой ячмень является наиболее важной культурой для этой зоны. В Ленинградской области ячмень занимает 63% зернового клина, овес – 20%, пшеница озимая и яровая – 12%, тритикале озимая и яровая – 5% площади [2]. Урожайность ячменя в России в последние годы находится на недостаточном уровне. В связи с этим стабилизация производства зерна по годам вне зависимости от изменений погодных условий является одним из главных вопросов современного сельскохозяйственного производства [3].

Для создания новых сортов зерновых культур, обладающих высокой урожайностью, хорошим качеством зерна и комплексом других ценных признаков в разнообразных условиях среды, требуется хорошо изученный исходный материал.

Цель данного исследования – характеристика хозяйственно-ценных признаков для создания перспективного селекционного материала ярового ячменя на основе изучения коллекционных сортов Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И.Вавилова (ВИР)».

Материалы, методы и объекты исследования. В течение 3-х лет проводилось комплексное изучение сортов и образцов ярового ячменя *Hordeum Vulgare* L. по хозяйственным признакам. Было изучено в 2016 г. – 84, 2017 г. – 73 и в 2018 г. – 84 образца ярового ячменя.

В состав изучаемых образцов входили районированные сорта как в Северо-Западном регионе, так и в других регионах России, сорта отечественной селекции, зарубежных стран.

Большую часть изучаемых сортов ячменя составили сорта из Западной Европы (Чехии, Германии, Франции, Англии), Беларуси, Украины, стран Балтии (Латвии, Литвы), Финляндии, Швеции, Дании. Кроме того, в коллекционном питомнике высевали сорта и перспективные линии селекции ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка», такие как Ленинградский, Северянин, Балтика, Мураш, Белогорский, Карат, Л1505, Л1623. В качестве стандартных сортов были взяты районированный и широко возделываемый в Ленинградской области сорт ярового ячменя Суздалец селекции НИИ сельского хозяйства Центральных районов Нечерноземной зоны и сорт селекции ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка» Ленинградский. Изучение сортов ярового ячменя по морфологическим и хозяйственным признакам проведено согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* [4], Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса [5].

Результаты исследований. Приоритетное направление селекционной работы Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – создание сортов кормового ячменя ранних сроков созревания [6].

Сорта ячменя, изучаемые в коллекционном питомнике, в основном относились к группе среднеспелых. За 3 года было изучено 10 раннеспелых сортов, среди которых 7 сортов российской селекции, в том числе 5 – селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» (Ленинградский, Северянин, Мураш, Белогорский, Линия 1505). Самым скороспелым среди изучаемых сортов был стандартный сорт Ленинградский (длина вегетационного периода в среднем за 3 года составила 76 дней), у стандартного сорта Суздалец – 84 дня (табл. 1).

Таблица 1. Источники скороспелости ярового ячменя

| № каталога ВИР | Сортообразец | Разновидность | Происхождение | Вегетационный период, дней | | | | |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------|------|------|---------|-------------|
| | | | | 2016 | 2017 | 2018 | среднее | \pm к ст. |
| 30314 | Суздалец, st. | <i>nutans</i> | Россия, Московская область | 82 | 94 | 76 | 84 | - |
| 30975 | Ленинградский, st. | <i>pallidum</i> | Россия, Ленинградская область | 71 | 88 | 69 | 76 | -8 |
| 30974 | Северянин | <i>nutans</i> | Россия, Ленинградская область | 75 | 91 | 71 | 79 | -5 |
| 30822 | Мураш | <i>pallidum</i> | Россия, Ленинградская область | 75 | 92 | 69 | 78 | -6 |
| | Л1505 | <i>pallidum</i> | Россия, Ленинградская область | 75 | 91 | 71 | 79 | -5 |
| 2208 | Белогорский | <i>pall + ric</i> | Россия, Ленинградская область | 75 | 91 | 73 | 79 | -5 |
| 30457 | Unari | <i>nutans</i> | Финляндия | 75 | 92 | 75 | 80 | -4 |
| 30593 | Тарский 3 | <i>pallidum</i> | Россия, Омская область | 76 | 90 | 72 | 79 | -5 |
| 31186 | Respect | <i>nutans</i> | Чехия | 76 | 94 | 70 | 80 | -4 |
| 31203 | Миар | <i>nutans</i> | Россия, Оренбургская область | 74 | 93 | 72 | 79 | -5 |
| 31287 | Апрель | <i>nutans</i> | Россия, Финляндия | 77 | 92 | 71 | 80 | -4 |

В условиях повышенного увлажнения и длинного светового дня одним из лимитирующих факторов повышения урожайности является полегание, в результате которого теряется 10-15% урожая, ухудшается качество зерна и семян, затрудняется механическая уборка [7].

Устойчивость к полеганию у зерновых культур тесно связана с высотой и прочностью соломины. Короткостебельные растения, как правило, более устойчивы к полеганию. По итогам 3-летнего изучения коллекционных образцов выделено 14 низкорослых (длина соломины 61-70 см). Эти сорта более короткостебельны, чем скороспелый сорт Ленинградский, который во влажные годы склонен к полеганию (табл. 2).

Таблица 2. Источники короткостебельности ярового ячменя

| № ката- лога ВИР | Сортообразец | Разно- видность | Происхождение | Высота стебля, см | | | |
|------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------|------|------|--------------|
| | | | | 2016 | 2017 | 2018 | сред- нее |
| 30314 | Суздалец, st. | <i>nutans</i> | Россия, Московская область . | 79,0 | 85,0 | 60,0 | 74,6 |
| 30975 | Ленинградский, st. | <i>pallidum</i> | Россия, Ленинградская область | 76,0 | 90,0 | 64,0 | 76,7 |
| 30922 | Jdumeja | <i>nutans</i> | Латвия | 70,0 | 85,0 | 55,0 | 70,0 |
| 30943 | Amulet | <i>nutans</i> | Чехия | 63,0 | 79,0 | 60,0 | 67,3 |
| | Л11007-99 | <i>pallidum</i> | Россия, Кировская область | 67,0 | 80,0 | 45,0 | 64,0 |
| 31175 | Беатрис | <i>nutans</i> | Германия | 58,0 | 74,0 | 50,0 | 60,6 |
| 31241 | Quench | <i>nutans</i> | Дания | 70,0 | 75,0 | 54,0 | 66,3 |
| 31242 | J.B.Flavour | <i>nutans</i> | Германия | 69,0 | 71,0 | 51,0 | 63,6 |
| 31186 | Respect | <i>nutans</i> | Чехия | 67,0 | 76,0 | 64,0 | 69,0 |
| 31245 | Posada | <i>nutans</i> | Германия | 69,0 | 75,0 | 54,0 | 66,0 |
| 31206 | Арбалет | <i>nutans</i> | Финляндия | 68,0 | 78,0 | 61,0 | 69,0 |
| 31250 | Pionier | <i>nutans</i> | Франция | 65,0 | 75,0 | 59,0 | 66,3 |
| 31249 | Eifel | <i>nutans</i> | Франция | 63,0 | 76,0 | 68,0 | 69,0 |
| 31296 | Olimpic | <i>nutans</i> | Франция | 68,0 | 71,0 | 60,0 | 66,3 |
| 31289 | Краснояржж- кий 6 | <i>pallidum</i> | Россия, Белгородская область | 61,0 | 79,0 | 47,0 | 62,3 |
| 31251 | Explorer | <i>nutans</i> | Франция | 69,0 | 80,0 | 57,0 | 68,6 |

В 2016-м и 2017 гг. в период налива и созревания зерна погода была дождливой и ветреной. Избыточное увлажнение способствовало полеганию растений в делянках. Так, в 2016 г. устойчивыми к полеганию (оценка устойчивости 7-9 баллов) были 23 образца из 84 (27,3%), в 2017-м – 25 образцов из 73 (34,2%). В 2018 году холодная погода в 1 декаде июля в период колошения способствовала формированию низкорослых растений (длина соломины у большинства изучаемых образцов составила от 50 до 70 см) и шуплого колоса. Поэтому полегание в делянках отмечено всего на 7 сортах из 84, устойчивыми к полеганию были 91,7% образцов.

Длина колоса – генотипический признак, влияющий на продуктивность сорта, который не сильно изменяется по годам, но в неблагоприятные по климатическим условиям годы длина колоса уменьшается. Большинство изучаемых сортов относится к группе со средней длиной колоса (7,1-10 см). Лучшими по этому показателю были сорт Владимир и Изумруд – длина колоса 10 см. У стандартного сорта Суздалец длина колоса составила 8,3 см, у Ленинградского – 6,3 см (табл. 3).

Крупность зерна, выраженная через массу 1000 зерен, – признак, определяющий урожайность сорта. На данный признак оказывают значительное влияние погодные условия, нарушение влагообеспеченности и минерального питания в период формирования и налива зерна, воздушные засухи в период налива зерна также приводят к резкому снижению крупности зерна.

Таблица 3. Источники длинного колоса у ярового ячменя

| № ката- лога ВИР | Сортообразец | Разно- видность | Происхождение | Длина колоса, см | | | |
|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------|------|--------------|
| | | | | 2016 | 2017 | 2018 | сред- нее |
| 30314 | Суздалец, st. | <i>nutans</i> | Россия, Московская область . | 9,0 | 9,0 | 7,0 | 8,3 |
| 30975 | Ленинградский, st. | <i>pallidum</i> | Россия, Ленинградская область | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,3 |
| 30974 | Северянин | <i>nutans</i> | Россия, Ленинградская область | 9,0 | 9,0 | 8,0 | 8,6 |
| 31196 | Карат | <i>nutans</i> | Россия, Ленинградская область | 10,0 | 11,0 | 7,0 | 9,3 |
| 30844 | Хаджибей | <i>nutans</i> | Россия, Белгородская область | 10,0 | 10,0 | 7,0 | 9,0 |
| 30589 | Балтика | <i>nutans</i> | Россия, Ленинградская область | 8,0 | 10,0 | 8,0 | 8,6 |
| 30981 | Владимир | <i>nutans</i> | Россия, Московская область | 10,0 | 11,0 | 9,0 | 10,0 |
| 31179 | Radegast | <i>nutans</i> | Чехия | 9,0 | 10,0 | 9,0 | 9,3 |
| 31186 | Respect | <i>nutans</i> | Чехия | 8,0 | 10,0 | 9,0 | 9,0 |
| 31133 | Изумруд | <i>nutans</i> | Россия, Кировская обл. | 11,0 | 10,0 | 9,0 | 10,0 |
| 31129 | Саншайн | <i>nutans</i> | Германия | 9,0 | 10,0 | 7,0 | 8,6 |
| 31287 | Апрель | <i>nutans</i> | Россия, Финляндия | 10,0 | 10,0 | 8,0 | 9,3 |
| 31290 | Призер | <i>nutans</i> | Россия, Белгородская область | 10,0 | 8,0 | 8,0 | 8,6 |

Погодные условия в 2016-2017 гг. (умеренно-теплая погода, достаточное количество осадков) способствовали формированию крупного зерна у растений ячменя. В 2018 году в июне запас продуктивной влаги был ниже оптимальных значений, в I декаде июля преобладала прохладная с частыми осадками погода. В первой половине вегетационного периода погодные условия для роста и развития растений были неблагоприятными. Масса 1000 зерен у большинства изучаемых сортов была очень низкая <34,1-36,0 г, низкая 36,1-40,0 г. Пластичные и выносливые к неблагоприятным погодным условиям сорта сформировали высокую 45,1-50,0 г и очень высокую >50,0 г массу 1000 зерен (табл. 4).

Согласно договору о научном сотрудничестве с лабораторией иммунитета растений и болезням ВИЗР, сотрудники этой лаборатории ежегодно проводят оценку сортообразцов ярового ячменя к листовым пятнистостям.

За период изучения коллекционных посевов ярового ячменя (2016-2018 гг.) не обнаружено сортов, иммунных к сетчатой и темно-бурой пятнистостям. Слабым поражением (до 15%) характеризовалось по годам от 2,3% до 83,4% образцов к возбудителю сетчатой пятнистости (*Pyrenopora teres* (Died.) Drechler) и от 9,5% до 47,9% к темно-бурой пятнистости (*Bipolaris Sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) (табл. 5).

Таблица 4. Источники крупного зерна у ярового ячменя

| № ката-лога ВИР | Сортообразец | Разно-видность | Происхождение | Масса 1000 зерен по годам, г | | | |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------|------|----------|
| | | | | 2016 | 2017 | 2018 | сред-нее |
| 30314 | Суздалец, st. | <i>nutans</i> | Россия, Московская область . | 41,5 | 54,2 | 40,1 | 45,2 |
| 30975 | Ленинградский, st. | <i>pallidum</i> | Россия, Ленинградская область | 35,6 | 44,1 | 37,2 | 38,9 |
| 30974 | Северянин | <i>nutans</i> | Россия, Ленинградская область | 51,8 | 49,6 | 49,3 | 50,2 |
| 30591 | Рахат | <i>nutans</i> | Россия, Московская область | 50,8 | 58,2 | 52,5 | 53,8 |
| 30457 | Unari | <i>nutans</i> | Финляндия | 53,5 | 57,3 | 47,1 | 52,3 |
| | Л1623 | <i>nutans</i> | Россия, Ленинградская область | 50,4 | 54,1 | 45,2 | 49,9 |
| 30922 | Jdumeja | <i>nutans</i> | Латвия | 55,3 | 62,5 | 47,5 | 5,1 |
| 30943 | Amulet | <i>nutans</i> | Чехия | 53,8 | 62,3 | 49,7 | 55,2 |
| 30981 | Владимир | <i>nutans</i> | Россия, Московская область | 57,0 | 54,6 | 48,4 | 53,3 |
| 31244 | Анакин | <i>nutans</i> | Дания | 52,8 | 5,4 | 52,6 | 53,6 |
| 31249 | Eifel | <i>nutans</i> | Франция | 50,4 | 59,6 | 46,8 | 52,2 |
| 31121 | Вадим | <i>nutans</i> | Россия | 49,5 | 58,3 | 50,5 | 52,7 |
| 31181 | Pedant | <i>nutans</i> | Чехия | 41,9 | 53,8 | 51,3 | 49,0 |
| 30844 | Хаджибей | <i>nutans</i> | Россия, Белгородская область | 46,0 | 53,7 | 47,9 | 49,2 |

Таблица 5. Оценка сортообразцов ярового ячменя по устойчивости к листовым пятнистостям

| Год изуче-ния | Количес-тво оценен-ных образцов, штук | Степень пораженности болезнями | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------|----------------------------|
| | | сетчатая пятнистость | | | | темно-бурая пятнистость | | | |
| | | до 15% | % от общего числа образцов | 30-50% | % от общего числа образцов | до 15% | % от общего числа образцов | 30-50% | % от общего числа образцов |
| 2016 | 84 | 70 | 83,4 | 14 | 16,6 | 12 | 14,3 | 72 | 85,7 |
| 2017 | 73 | 56 | 76,7 | 17 | 23,3 | 35 | 47,9 | 38 | 52,1 |
| 2018 | 84 | 2 | 2,3 | - | - | 8 | 9,5 | 46 | 54,7 |

В 2016 г. в Северо-Западном регионе РФ, в том числе и в Ленинградской области, наблюдали эпифитотию темно-бурой пятнистости. Поражение сортов-стандартов Ленинградский и Суздалец составило 30-50%. Высокой восприимчивостью (50-70%) к патогену характеризовались сорта Ханadou, Jenuva, Mauritia (Германия), Malz, Respect (Чехия). На этом фоне отмечен сорт Malva (Латвия), поражение которого в год эпифитотии составило 10-15%.

В 2017 и 2018 гг. также преобладало развитие темно-бурой пятнистости на изучаемых растениях.

В 2018 г. впервые в Ленинградской области на посевах ячменя на сортах J.V.Flavour, Posada Issota (Германия) обнаружен рамуляриоз, возбудитель - гриб *Ramularia collo-cygni* V.Sutton J.M.Waller [8].

Начиная с 1980 года это заболевание широко распространилось по многим европейским странам и сейчас считается одним из вредоноснейших заболеваний ячменя в Германии, Великобритании, Австрии, Греции, Польши, Швейцарии. По данным зарубежных исследователей потери урожая могут достигать 20-30%.

Выводы.

В результате проведенных исследований выделены источники ценных хозяйственных признаков. Ежегодно в лаборатории проводится гибридизация с активным привлечением выделенных источников для создания нового перспективного селекционного материала. Объем гибридизации – 25-30 комбинаций скрещивания, завязываемость гибридных зерен составляет 45,1-84,7%.

Литература

1. Лоскутов И.Г., Кобылянский В.Д., Ковалева О.Н. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2007. – Т.164. – С.80-100.
2. Лапшук В.А., Васяев Г.В. Проблемы рынка зерна в Северо-Западном регионе России: материалы Международного конгресса «Агрорусь» / Международная агропромышленная выставка-ярмарка. – СПб, 2013. – С.157-160.
3. Баталова Г.А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России//Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 3. – С.25-30.
4. **Международный классификатор СЭВ** (рода *Hordeum* L.). - Л., 1983. – 53 с.
5. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб: ВИР, 2012. – 63 с.
6. Иванова Н.В., Анисимова А.В., Радюкевич Т.Н., Ковалева О.Н. Источники хозяйственно-ценных признаков для создания сортов ярового ячменя в Северо-Западном регионе РФ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. –2016. – Т.177. – С.94-101.
7. Ковалев В.М., Касаева К.А. Полегание посевов зерновых культур и практика применения ретардантов//Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 8. – С.72-81.
8. Афанасенко О.С., Мироненко Н.В., Беспалова Л.А., Аблова И.Б., Лашина Н.М. Рамуляриоз ячменя в Российской Федерации: диагностика и распространение // Микология и фитопатология. – 2019. – Т. 53. – Вып. 4 (в печати).

Literatura

1. Loskutov I.G., Kobyljanskij V.D., Kovaleva O.N. // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2007. – Т.164. – S.80-100.
2. Lapshuk V.A., Vasyaev G.V. Problemy rynka zerna v Severo-Zapadnom regione Rossii: materialy Mezhdunarodnogo kongressa «Agrorus'» / Mezhdunarodnaya agropromyshlennaya vystavka-yarmarka. – SPb, 2013. – S.157-160.
3. Batalova G.A. Sostoyanie i perspektivy selekcii i vzdelyvaniya zernofurazhnyh kul'tur v Rossii//Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2011. – № 3. – S.25-30.
4. **Mezhdunarodnyj klassifikator SEV** (roda *Hordeum* L.).- L., 1983. – 53 s.
5. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohranenyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa. – SPb: VIR, 2012. – 63 s.
6. Ivanova N.V., Anisimova A.V., Radyukevich T.N., Kovaleva O.N. Istochniki hozyajstvenno-cennyh priznakov dlya sozdaniya sortov yarovogo yachmenya v Severo-Zapadnom regione RF // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. –2016. – Т.177. – S.94-101.
7. Kovalev V.M., Kasaeva K.A. Poleganie posevov zernovyh kul'tur i praktika primeneniya retardantov//Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 1990. – № 8. – S.72-81.

8. Afanasenko O.S., Mironenko N.V., Bespalova L.A., Ablova I.B., Lashina N.M. Ramulyarioz yachmenya v Rossijskoj Federacii: diagnostika i rasprostranenie // Mikologiya i fitopatologiya. – 2019. – Т. 53. – Вып. 4 (v pečati).

УДК 633.11: 632.4

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12022

Канд. биол. наук **Л.Е. КОЛЕСНИКОВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, kleon9@yandex.ru)

Аспирант **С.С. ЧЕКУРОВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, chekurova-s@mail.ru)

Канд. с.-х. наук **Ю.Р. КОЛЕСНИКОВА**
(ФГБНУ ВИР, kleon9@yandex.ru)

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Приоритетным направлением развития агропромышленного комплекса РФ является получение высоких и стабильных урожаев зерна. Изменчивость урожайности зерновых культур может быть обусловлена, в частности метеорологическими условиями вегетационных периодов, а также фитосанитарным состоянием посевов. Потери от листостеблевых инфекций могут достигать 25-30% от валовых сборов зерна [1]. В последние годы наметились тенденции разработки эффективных методов морфофизиологического и синоптико-статистического контроля урожайности зерновых культур [2,3]. Созданы информационные базы данных для принятия решений по рациональному выбору агротехнологий при программировании урожая зерновых культур [4] и управления фитосанитарной ситуацией агроценозов [5].

Цель исследования – выявление причинно-следственных связей между показателями продуктивности пшеницы, агроэкологическими условиями ее возделывания, интенсивностью развития возбудителей болезней, содержанием в листьях фотосинтетических пигментов.

Материалы, методы и объекты исследования. Место проведения работы – кафедра защиты и карантина растений ФГБОУ ВО СПбГАУ. Экспериментальные исследования выполнены в полевых условиях опытного поля пушкинских лабораторий ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР). Растительным материалом исследования послужил сорт яровой мягкой пшеницы Ленинградская 6, к-64900, который был предоставлен для исследования отделом генетических ресурсов пшениц ВИРа.

За период 2016–2018 гг. в фазы колошения–цветения исследовали комплекс показателей растений: продуктивную и общую кустистость (шт.), фазу растений (балл, по шкале Цадокса (Эукарпия), площадь флагового и предфлагового листа (см²), высоту растений (см), длину колоса (см), число колосков в колосе (шт.), массу колоса (г). Кроме того, определяли число и длину корней (главного зародышевого корня, зародышевых и колеопильных корней), отходящих от эпикотилия. Осуществляли учет числа и длины узловых корней пшеницы. Рассчитывали показатели массы корней и вегетативной части растений.

В фазу созревания (Ф91, стадия полной спелости) изучали структуру урожайности пшеницы по показателям: число колосков в колосе, шт.; длина колоса, см; масса колоса с зерном; число зерен в колосе, шт.; масса зерен с колоса; масса 1000 зерен. Потенциальную (биологическую) урожайность единичного растения пшеницы рассчитывали в соответствии с

данными о продуктивной кустистости и массе зерен колоса одного растения (г/растение). Потенциальную урожайность сортов пшеницы $Y_{п}$ применительно к площади посева (т/га) определяли по продуктивной кустистости, массе зерен колоса и числу растений, высеянных на 1 м^2 : $Y_{п} = M_{к} K_{п} P_{п} 10000$, где: $M_{к}$ – масса зерен колоса одного растения (т); $K_{п}$ – продуктивная кустистость образца; $P_{п}$ – плотность посева, число растений на 1 м^2 [6].

Оценку степени поражения растений корневой гнилью проводили в лабораторных условиях в фазы кущения пшеницы (стадия 29, законченное кущение) и колошения–цветения (Ф59-Ф61) в соответствии с общепринятой шкалой [7]. При анализе поражения растений возбудителями болезней листьев использовали не только общепринятые критерии, в частности, показатель условной интенсивности развития возбудителя, но и дополнительные характеристики, такие как число и площадь пустул видов ржавчины, число и площадь пятен с налетом мучнистой росы, септориоза, длина полосы и число полос с пустулами желтой ржавчины [8]. Содержание хлорофиллов a , b во флаговых листьях пшеницы определяли в биохимической лаборатории СПбГАУ спектрофотометрическим методом [9].

Определение достоверности взаимосвязей между элементами продуктивности пшеницы и интенсивностью развития возбудителей болезней осуществляли по значениям рангового коэффициента корреляции Спирмена. Связь признавалась статистически достоверной и подлежала содержательной интерпретации, если уровень значимости корреляции R был менее 0,05. При построении математических моделей между вышеуказанными показателями использовали метод регрессионного анализа, а также процедуры анализа криволинейных зависимостей (коэффициент корреляции R и детерминации R^2 , критерий Фишера F , соответствующие им p -уровни, коэффициенты и константы уравнения регрессии).

Результаты исследования. В результате проведенных исследований определили, что наибольшая потенциальная урожайность пшеницы сорта Ленинградская 6 отмечена в 2016 г.: $Y_3 = 5,1 \pm 0,7$ т/га (в 2017 г. – $Y_3 = 2,9 \pm 0,4$ т/га; в 2018 г. – $Y_3 = 2,2 \pm 0,1$ т/га). Вегетационный период 2016 г. характеризовался повышенными по сравнению с нормой значениями среднемесячной температуры: в мае превышение нормы составило $3,4^{\circ}\text{C}$, в июне – августе – в пределах 1°C ; сумма выпавших осадков в мае составила 64% от нормы, однако в летние месяцы ее значения существенно превысили норму (в июне – 137%, июле – 191%, в августе – 227% от нормы). В мае – июле 2017 г. значения среднемесячной температуры снизились в пределах $2,5^{\circ}\text{C}$ от нормы; осадки в мае были значительно ниже нормы и составили 29%, в июне, июле и августе их значения повысились и составили, соответственно, 115%, 155%, 175% от нормы. В 2018 г. среднемесячная температура мая, июля и августа значительно, от 2,1 до $3,8^{\circ}\text{C}$, превышала норму, тогда как сумма выпавших осадков была существенно меньше нормы и составила в мае 30%, в июне – 33%, в августе – 74% от нормы, за исключением июля, когда осадки составили 121% от нормы. Таким образом, вегетационный период 2016 г. характеризовался наиболее благоприятными погодными условиями для роста растений, с незначительным колебанием температуры и существенным количеством выпавших осадков, а наиболее неблагоприятными оказались условия 2018 г., отличавшиеся повышенной температурой и очень незначительными осадками.

Фитосанитарное состояние посевов пшеницы в 2016 г. по сравнению с 2017–2018 гг. характеризовалось меньшими значениями интенсивности развития гельминтоспориозной корневой гнили (на 27,6%) – рис. 2, желтой ржавчины (на 70,6%), септориоза (на 17,4%).

Методом непараметрического корреляционного анализа на основе расчета рангового коэффициента Спирмена между характеристиками интенсивности развития возбудителей болезней и показателями продуктивности пшеницы выявлены определенные взаимосвязи.

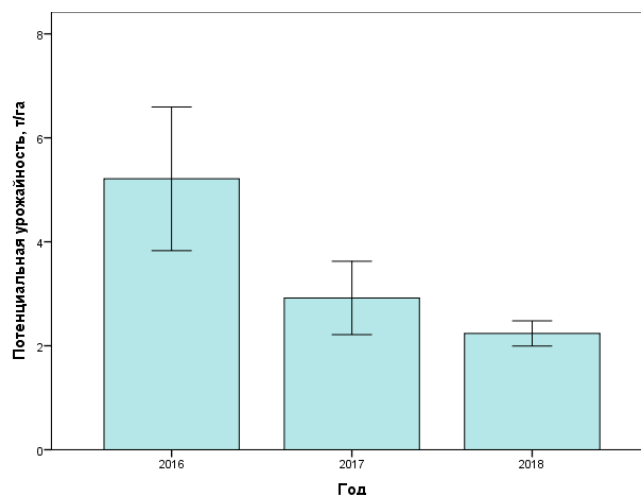


Рис. 1. Динамика потенциальной урожайности мягкой пшеницы сорта Ленинградская 6, к-64900 (2016–2018 гг.)

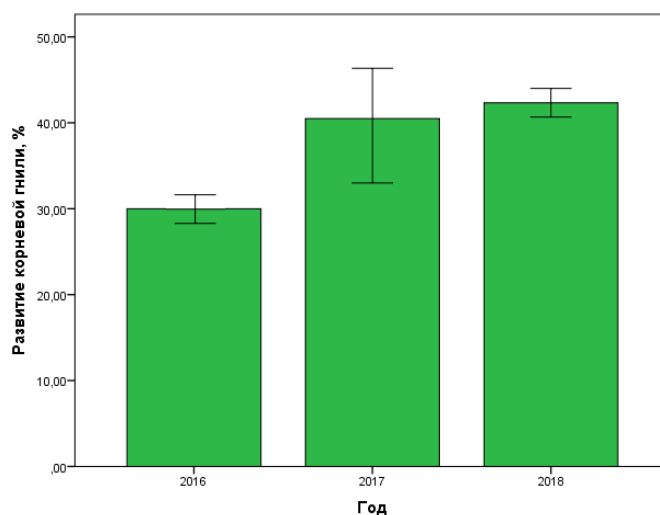


Рис. 2. Интенсивность поражения пшеницы сорта Ленинградская 6, к-64900 корневой гнилью (2016-2018 гг.)

Усиление интенсивности развития коневой гнили обуславливало снижение площади флагового листа пшеницы ($r = -0,41$; $P = 0,02$). При этом площадь флагового листа определяла потенциальную урожайность растений

($r = 0,48$; $P = 0,06E-18$), положительно коррелировала с высотой растений ($r = 0,73$; $P = 0,09E-90$); числом корней ($r = 0,44$; $P = 0,02E-07$); длиной колоса ($r = 0,61$;

$P = 0,08E-36$); числом колосков в колосе ($r = 0,61$; $P = 0,09E-35$); массой колоса ($r = 0,51$; $P = 0,06E-23$); массой вегетативной части ($r = 0,42$; $P = 0,04E-15$).

Зависимость изменения числа колосков в колосе N_k от площади флагового листа $S_{фл.}$ может быть описана уравнением вида: $N_k = 10,37 + 0,65 S_{фл.} - 0,01 S_{фл.}^2 - 0,0001 S_{фл.}^3$ ($R^2 = 0,4$) – рис.3. Регрессионная зависимость изменения массы колоса M_k от площади флагового листа пшеницы $S_{фл.}$ имеет вид: $M_k = 0,28 + 0,07 S_{фл.} - 0,003 S_{фл.}^2 + 0,0001 S_{фл.}^3$ ($R^2 = 0,4$) – рис. 4.

Масса колоса снижалась при возрастании интенсивности развития ($r = -0,60$; $P = 0,02$) и числа пятен с налетом ($r = -0,45$; $P = 0,03$), мучнистой росы на флаговых листьях ($M_k = 0,997 - 0,05N_{п.м.} - 0,0049 N_{п.м.}^2 + 0,00025 N_{п.м.}^3$). Уменьшению массы колоса способствовало усиление интенсивности развития ($r = -0,44$; $P = 0,02$) и числа пустул бурой ржавчины ($r = -0,47$; $P = 0,003$), септориоза на флаговых листьях ($r = -0,62$; $P = 0,04$).

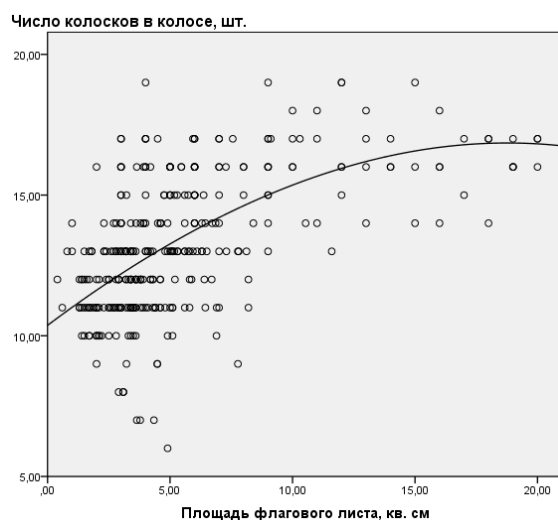


Рис. 3. Регрессионная зависимость числа колосков в колосе от площади флагового листа пшеницы сорта Ленинградская 6, к-64900 (2016-2018 гг.)

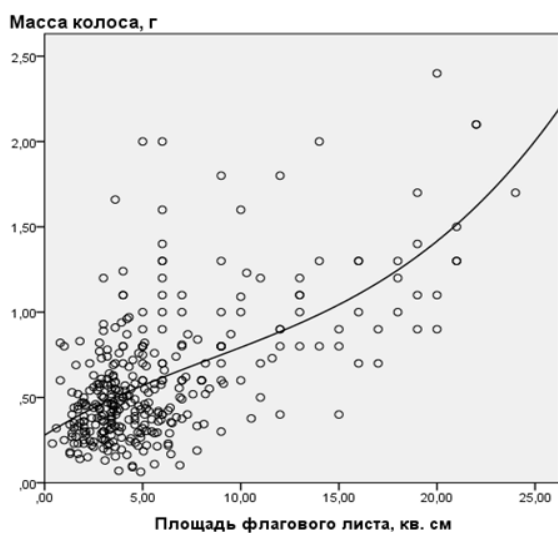


Рис. 4. Регрессионная зависимость массы колоса от площади флагового листа пшеницы сорта Ленинградская 6, к-64900 (2016-2018 гг.)

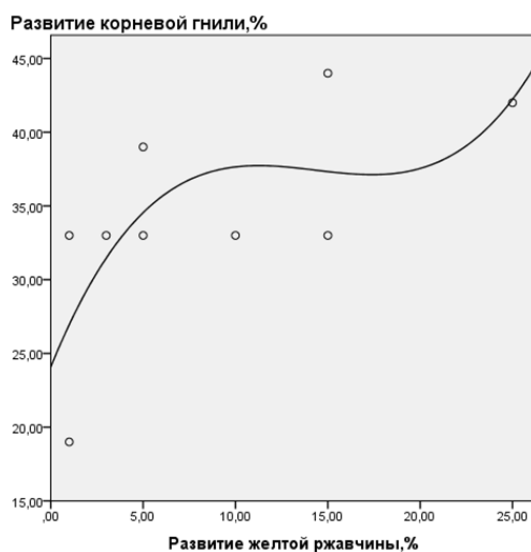


Рис. 5. Регрессионная зависимость интенсивности развития желтой ржавчины от степени поражения пшеницы сорта Ленинградская 6, к-64900 корневой гнилью ($R_f = 24,08 + 3,09R_{ж.р.} - 0,23 R_{ж.р.}^2 + 0,005 R_{ж.р.}^3$, $R^2 = 0,5$ (2016-2018 гг.))

Между показателями патогенеза также выявлены определённые зависимости. Усиление поражения пшеницы корневой гнилью обуславливало возрастание интенсивности развития желтой ржавчины на флаговых листьях пшеницы ($r=0,69$; $P=0,04$) – рис. 5. Уменьшение полевой всхожести семян пшеницы было взаимосвязано со снижением устойчивости растений к бурой ржавчине, характеризуемой значениями площади пустулы возбудителя ($r= - 0,50$; $P=0,0004$). Рост общей кустистости образцов оказывал влияние на снижение степени поражения растений желтой ржавчиной ($r= - 0,43$; $P=0,03$).

Методом непараметрического корреляционного анализа установлено, что рост содержания хлорофилла b во флаговых листьях пшеницы определял увеличение числа зерен в колосе (коэффициент корреляции Спирмена: $r_{chb}= 0,79$; $P=0,006$); массы зерен одного колоса ($r_{chb}= 0,69$; $P=0,03$); массы колоса с зернами ($r_{chb}= 0,72$; $P=0,02$) и в целом влиял на повышение потенциальной урожайности ($r_{chb}= 0,69$; $P=0,03$). Зависимость изменения массы колоса с зернами от содержания во флаговых листьях пшеницы хлорофилла b может быть описана уравнением регрессии: $M_k = 0,26Chb + 0,81$; $R^2=0,45$ (рис. 6).

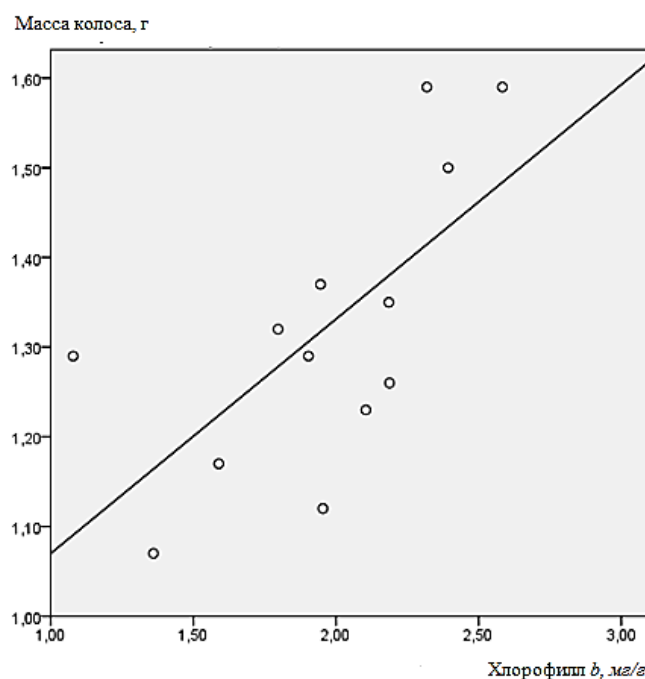


Рис. 6. Зависимость изменения массы колоса с зернами от содержания во флаговых листьях пшеницы хлорофилла b , мг/г (2018 г.)

Увеличение содержания в листьях пшеницы хлорофиллов α и b определяло снижение интенсивности развития ($r_{ch\alpha}= - 0,66$; $P=0,04$; $r_{chb}= - 0,87$; $P=0,005$), числа полос ($r_{ch\alpha}= - 0,79$; $P=0,02$; $r_{chb}= - 0,63$; $P=0,04$), числа пустул желтой ржавчины ($r_{ch\alpha}= - 0,73$; $P=0,04$; $r_{chb}= - 0,97$; $P=0,00007$). Зависимость интенсивности развития желтой ржавчины от содержания во флаговых листьях пшеницы хлорофилла α и b может быть описана следующими выражениями: $R_{ж} = -37,03 + 52,72 Cl\alpha$ ($R^2=0,60$) и $R_{ж} = 144,52 - 108,23Clb + 20,53 Clb^2$ ($R^2=0,81$) соответственно.

Следует отметить, что на продуктивность пшеницы и на ее устойчивость к болезням оказывает влияние элементный состав растений. Отклонения от норм содержания в пшенице химических элементов могут быть вызваны комплексом агроэкологических факторов. Ранее нами была отмечена положительная связь между содержанием калия, скандия, кобальта в зернах пшеницы и их положительное влияние на большинство рассмотренных показателей продуктивности пшеницы. Тяжелые металлы (Pb, Bi, Cd, Mn) отрицательно влияли не только на растение, но и на развитие вредителей, что связано с их известной токсичностью [6]. При

этом отмечалось усиление интенсивности поражения растений возбудителями болезней с ростом содержания тяжёлых металлов в листьях пшеницы.

Использование некоторых биопрепаратов, в частности, на основе штаммов *Bacillus subtilis*, хитозанов и их комплексов могут существенно активизировать адаптивный потенциал пшеницы, что повышает продуктивность пшеницы и устойчивость к болезням [8]. Было установлено, что при применении полифункционального комплекса «Витаплан, КЖ + Хитозан II» [8] потенциальная урожайность сорта Ленинградская 6, к-64900 выросла в среднем за период 2016–2018 гг. на 68,7% по сравнению с контролем (без обработки). При этом содержание хлорофилла *a* и *b* во флаговых листьях пшеницы увеличилось на 16,7% и 4,3%.

Выводы. Таким образом, выявлены определенные причинно-следственные связи между показателями продуктивности пшеницы, агроэкологическими условиями ее возделывания, содержанием в листьях фотосинтетических пигментов. Показано доминирующее влияние хлорофилла *b* на число зерен в колосе, массу зерен одного колоса, массу колоса. Построены математические модели, отражающие указанные взаимосвязи. Результаты работы могут быть использованы при создании математических моделей программирования урожая пшеницы, которые впоследствии могут быть реализованы в информационных базах данных по рациональному выбору агротехнологии возделывания культуры с учетом места ее произрастания, условий окружающей среды и фитосанитарной обстановки.

Литература

1. **Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Чулкина В.А.** Эпифитотииологические основы систем защиты растений /под ред. В.А. Чулкиной. – Новосибирск, 2002. – 579 с.
2. **Холодинский В.В., Акулич И.С., Кулаева А.А.** Особенности формирования урожайности зерна яровой пшеницы на двух уровнях интенсификации технологии возделывания// Аграрный вестник Юго-Востока. – 2013. – № 1-2. – С. 26-27.
3. **Ермакова Л.Н., Толмачева Н.И.** Прогноз урожайности яровой пшеницы на Урале синоптико-статистическим методом// Географический вестник. – 2006. – № 2 (4). – С. 111-117.
4. **Луценко Е.В., Лойко В.И., Великанова Л.О.** Прогнозирование урожайности зерновых колосовых и поддержка принятия решений по рациональному выбору агротехнологий с применением СК-анализа// Научный журнал КубГАУ. – 2008. –№ 38 (4). – С. 106-131.
5. **Гурова Т.А., Березина В.Ю.** Информационные базы данных в управлении фитосанитарной ситуацией при возделывании зерновых культур// Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 11. – С. 12-14.
6. **Колесников Л.Е., Подгорная Е.Б., Танюхина О.Н., Бурова О.И., Колесникова Ю.Р.** Внутривидовая изменчивость элементного состава яровой мягкой пшеницы и ее связь с урожайностью и повреждением листьев вредителями// Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2014. – Т. 6. – № 4. – С.359-364.
7. **Попов Ю.В.** Метод оценки развития корневых гнилей зерновых культур //Защита и карантин растений. – 2011. – № 8. – С. 45-47.
8. **Колесников Л.Е., Новикова И.И., Сурин В.Г., Попова Э.В., Прияткин Н.С., Колесникова Ю.Р.** Оценка эффективности совместного применения хитозана и микробов-антагонистов в защите яровой мягкой пшеницы от болезней с использованием спектрометрического анализа//Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – Т. 54. – № 5. – С. 546-552.
9. **Починок Х.М.** Методы биохимического анализа растений. – Киев: «Наукова думка», 1976. – 336 с.

Literatura

1. **Toropova E.Yu., Stecov G.YA., Chulkina V.A.** Epifitotilogicheskie osnovy sistem zashchity rastenij /pod red. V.A. Chulkinoy. – Novosibirsk, 2002. – 579 s.
2. **Holodinskiy V.V., Akulich I.S., Kulaeva A.A.** Osobennosti formirovaniya urozhajnosti zerna yarovoj pshenicy na dvuh urovnyah intensivkacii tekhnologii vozdeleyvaniya// Agrarnyj vestnik YUgo-Vostoka. – 2013. – № 1-2. – S. 26-27.
3. **Ermakova L.N., Tolmacheva N.I.** Prognoz urozhajnosti yarovoj pshenicy na Urale sinoptiko-statisticheskim metodom// Geograficheskij vestnik. – 2006. – № 2 (4). – S. 111-117.
4. **Lucenko E.V., Lojko V.I., Velikanova L.O.** Prognozirovanie urozhajnosti zernovyh kolosovyh i podderzhka prinyatiya reshenij po racional'nomu vyboru agrotekhnologij s primeneniem SK-analiza// Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2008. – № 38 (4). – S. 106-131.
5. **Gurova T.A., Berezina V.Yu.** Informacionnye bazy dannyh v upravlenii fitosanitarnoj situacii pri vozdeleyvanii zernovyh kul'tur// Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2006. – № 11. – S. 12-14.
6. **Kolesnikov L.E., Podgornaya E.B., Tanyuhina O.N., Burova O.I., Kolesnikova Yu.R.** Vnutrividovaya izmenchivost' elementnogo sostava yarovoj myagkoj pshenicy i ee svyaz' s urozhajnost'yu i povrezhdeniem list'ev vreditelyami// Mezhdisciplinarnyj nauchnyj i prikladnoj zhurnal «Biosfera». – 2014. – Т. 6. – № 4. – S.359-364.
7. **Popov Yu.V.** Metod ocenki razvitiya kornevyh gnilej zernovyh kul'tur //Zashchita i karantin rastenij. – 2011. – № 8. – S. 45-47.
8. **Kolesnikov L.E., Novikova I.I., Surin V.G., Popova E.V., Priyatkin N.S., Kolesnikova Yu.R.** Ocenka effektivnosti sovместnogo primeneniya hitozana i mikrobov-antagonistov v zashchite yarovoj myagkoj pshenicy ot boleznej s ispol'zovaniem spektrometricheskogo analiza//Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. – 2018. – Т. 54. – № 5. – S. 546-552.
9. **Pochinok H.M.** Metody biohimicheskogo analiza rastenij. – Kiev: «Naukova dumka», 1976. – 336 s.

УДК 664.8.022.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12028

Аспирант **Д. НСЕНГУМУРЕМЫЙ**
 (Университет ИТМО, n.barakova@mail.ru)
 Канд. техн. наук, доцент **Н.В. БАРАКОВА**
 (Университет ИТМО, n.barakova@mail.ru)
 Доктор с.-х. наук **А.С. МИТЮКОВ**
 (ФГБУН Институт озераведения РАН,
 mitals@yandex.ru)

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ГУМАТО-САПРОПЕЛЕВЫХ СУСПЕНЗИЙ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСЕМЕНЕННОСТЬ ЯЧМЕНЯ И ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ

Ячмень, как и другие зерновые культуры, относится к концентрированным кормам и является одним из лучших зерновых кормов с высокими показателями по перевариваемости и общей питательной ценности. Молоко от коров, в рацион которых входит ячмень, обладает высоким качеством [1].

Ценным кормовым продуктом также является послеспиртовая зерновая барда. Современное спиртовое производство в настоящее время оснащено технологическим оборудованием, позволяющим проводить концентрацию и последующую сушку барды. Сухая послеспиртовая барда содержит до 30-40% перевариваемого протеина, необходимого для жизнедеятельности животных, в ней присутствуют также жиры, клетчатка, витамины А, В, Е и К. Введение в рацион животных и птицы сухой послеспиртовой барды позволяет увеличивать продуктивность всех видов животных и птицы [2].

Однако при вскармливании животным сухой послеспиртовой барды остро встает вопрос микробиологической безопасности как исходного сырья, так и готового продукта. На поверхности зерна обитает разнообразная микрофлора. Часть микроорганизмов попадает из ризосферы, часть заносится с пылью и насекомыми. Однако на зерне, как и на всей поверхности растений, развиваются лишь некоторые микроорганизмы, так называемые эпифиты. Условия жизни эпифитных бактерий своеобразны. Они довольствуются небольшими запасами питательных веществ на поверхности растений, устойчивы к высоким концентрациям фитонцидов, выдерживают периодические колебания влажности, поэтому численность их невелика и видовой состав довольно постоянный. Более 90% эпифитных микроорганизмов составляют гнилостные бактерии. В основном эпифитная микрофлора представлена неспороносными бактериями. Большую часть бактериального населения зерна составляют неспороносные палочки рода *Pantoea*, активно развивающиеся на поверхности растений. Особенно часто встречается *Erwinia amylovora*, образующая на плотных средах золотисто-желтые колонии. Встречаются также микрококки, молочнокислые бактерии, дрожжи. Бациллы и микроскопические грибы составляют небольшой процент. В определенных условиях эпифитные микроорганизмы могут быть полезны для растений, так как препятствуют проникновению паразитов в ткани растения. При хранении зерна эпифитные микроорганизмы могут играть отрицательную роль [3,4].

В зрелом зерне вода находится в связанном состоянии и недоступна микроорганизмам. На таком зерне они находятся в состоянии анабиоза (покоя). На развитие микроорганизмов на зерне и, следовательно, и на сохранность последнего, решающее влияние оказывают: влажность, температура, степень аэрации, целостность зерна и состояние его покровных тканей. На зерне с повышенной влажностью микроорганизмы размножаются тем быстрее, чем выше температура. Развитие микробиологических процессов в хранящемся зерне с повышенной влажностью приводит к заметному, а иногда и к очень значительному повышению температуры.

Самосогревание зерна ведет к смене микрофлоры. Свойственная зерну эпифитная микрофлора исчезает. Сначала обильно размножаются непигментированные неспороносные палочки, вытесняющие *Erwinia amylovora*. Позднее появляются терmostойкие (термотолерантные) микрококки, образующие на плотных средах чаще всего мелкие белые плоские колонии, плесневые грибы, актиномицеты. Дальнейшее развитие процесса самосогревания (свыше 40–50°C) способствует развитию спорообразующих и термофильных бактерий. По мере самосогревания изменяется и видовой состав плесневых грибов. Виды *Penicillium*, которые преобладали вначале, заменяются видами *Aspergillus*.

Целью данных исследований явилось установить влияние ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий на микрофлору зерна ячменя и сухой ячменной послеспиртовой барды.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследования служили зерна ячменя урожая 2017 года, влажностью 8,53%, крахмалистостью 52% и сухая послеспиртовая, влажностью 9,9%, рН 4,5.

Получение сухой послеспиртовой ячменной барды проводили по технологии получения спирта с применением механико-ферментативной схемы водно-тепловой обработки зернового замеса. Ячмень измельчали на лабораторной мельнице ЛЗМ-1. Степень измельчения зерна: проход через сито диаметром 1 мм 90%. Зерновой замес готовили с гидромодулем 1:3. В замес вносили ферментные препараты фирмы ERBSLOEN: Дистицим БА-Т, содержащий α -амилазу (активность фермента 950 ед. АС/мл), и Дистицим GL, содержащий ксиланазу (активность фермента 730 ед. КС/мл). Доза внесения α -амилазы составляла 2,5 ед. АС/г крахмала, доза внесения ксиланазы – 1 ед. КС/г сырья. Замес выдерживали при температуре 50°C в течение 30 минут, затем температуру замеса повышали до температуры 70°C и выдерживали в течение 3,5 часа. По окончании водно-тепловой и ферментативной обработки замес охлаждали до 60°C и вносили ферментный препарат

Дистицим АГ, содержащий глюкоамилазу (активность фермента 6500 ед. ГлС/г крахмала) для проведения процесса осахаривания. Доза внесения фермента составляла 7 ед. ГлС/г крахмала. Время осахаривания составляло 30 минут. После охлаждения осахаренного суслу до 30°C в него вносились реактивированные спиртовые дрожжи «DistilaMax НТ» производства «Lallemand Biofuels & Distilled Spirits» в количестве 1 г/1 дм³ суслу. Сбраживание суслу проводили в течение 3-х дней при температуре 30°C. По окончании сбраживания суслу из спиртовой на аппарате простой бездефлегмационной стгонки «Доктор Губер» получали дистиллят крепостью 50%. Оставшаяся после перегонки жидкая послеспиртовая барда концентрировалась и высушивалась в сушильном шкафу ES-4610 при температуре 60°C до влажности 10%.

Для обработки ячменя и сухой послеспиртовой барды использовали ультрадисперсные гумино-сапропелевые суспензии, полученные в НИИ Озероведения РАН путем щелочной экстракции под действием ультразвукового излучения частотой 35 кГц и давлением 2 Вт/см² при температуре 40°C. Суспензии стерилизовали, содержание сухих веществ в них составляло 20%, рН 7 ± 0,2.

Обработку ячменя УДГСС проводили следующим образом: на 100 г зерна ячменя равномерно разбрызгивали 20 мл стерильной УДГСС, выдерживали в течение 24 часов и затем высушивали при температуре 50°C до влажности 8,5% (до влажности контрольного, не обработанного УДГСС образца зерна ячменя).

Обработку сухой послеспиртовой барды УДГСС проводили как и зерно ячменя – на 100 г барды равномерно разбрызгивали 20 мл стерильной УДГСС, выдерживали в течение 30 минут и затем высушивали при температуре 100°C до влажности 10% (влажность контрольного, не обработанного УДГСС образца барды).

Количественный учет микроорганизмов на зерне и сухой послеспиртовой ячменной барды (обработанных и не обработанных УДГСС) проводили следующим образом: 10 г зерен ячменя или сухой послеспиртовой ячменной барды переносили в 100 мл стерильного фосфатного буферного раствора и перемешивали в течение 30 минут на шейкере. Предварительные разведения готовили согласно ГОСТ Р 51426-2016. После этого 1 мл каждого из разведений 10⁻¹, 10⁻² и 10⁻³ отбирали в асептических условиях и инокулировали в агаровую среду с экстрактом говядины (ГМФ-АГАР) плюс глюкоза. Инкубирование проводили при 30°C в течение 48 часов. После 48 часов инкубации проводили подсчет колоний.

После одной недели хранения зерен ячменя и сухой послеспиртовой ячменной барды (обработанных и не обработанных УДГСС) готовили смывы с образцов, проводили инкубирование и подсчет колоний микроорганизмов. Количество колоний было записано как КОЕ /мл (колониобразующие единицы в 1 мл). Количество КОЕ /мл образца рассчитывали следующим образом: КОЕ /мл = КОЕ × коэффициент разбавления × 1 / аликвота. Затем количество колоний было пересчитано в КОЕ / г зерен ячменя (послеспиртовой барды).

Для обеспечения асептических условий во время микробиологического эксперимента использовался микробиологический шкаф «ВМВ-II». Для стерилизации УДГСС, материалов, растворов и питательных сред использовался автоклав Tuttnauer 2540МК. Измерение рН УДГСС, сред и растворов, используемых во время экспериментов, проводили на титраторе «848 Титрино плюс».

Результаты исследований. По видовому составу микрофлоры можно судить не только о том, подвергалось ли зерно самосогреванию, но и насколько далеко зашел этот процесс. Неправильное хранение зерна может привести к развитию посторонней микрофлоры, продуктами жизнедеятельности которых являются микотоксины, что крайне опасно для здоровья человека и животных. Обеспечение безопасности зерна при хранении является важной задачей, способствующей решению социально значимой проблемы – обеспечение безопасности продуктов питания.

Существуют различные способы снижения микробиологической обсемененности зерна: ИК-обработка [5], метод электротермического воздействия энергией СВЧ-поля [6], обработка озоном и внесение антибиотиков [7]. Используют также дикорастущее сырье, обладающее антисептическими свойствами, т.е. вещества с ярко выраженными фитоцидными и бактериальными свойствами. Из лекарственных трав: шалфей, ромашка, зверобой, мята, чеснок готовят отвары и экстракты и обрабатывают ими зерно.

Бактерицидными свойствами обладают и препараты, приготовленные из сапропелей. Сапропели – это донные отложения стоячих пресноводных водоемов, которые образуются в результате медленного расщепления микроскопических растений и животных в анаэробных условиях. Все компоненты, входящие в состав сапропелей, делятся на органические и минеральные. По ценности и разнообразию действия выделяются гуминовые вещества, являющиеся составной частью органических веществ сапропеля. Бактерицидное действие гуматов и гуминовых веществ основано на действии входящих в состав гуминовых кислот биологически активных групп.

В настоящее время сапропели применяются в нативном и сухом виде. В институте озераведения РАН (ИНОЗ РАН) были разработаны новые технологии переработки сапропеля методом ультразвуковой обработки. Была получена ультрадисперсная гумато-сапропелевая суспензия с частицами размером 86-89 нм, относящиеся к наночастицам. Было установлено, что полученные суспензии эффективно дезактивируют распространенные в окружающей среде экотоксиканты ряда тяжелых металлов и при включении в рацион питания сельскохозяйственных животных приводят к значительному среднесуточному приросту живой массы [8].

Среди представленных образцов наибольшая концентрация микроорганизмов была отмечена на зерне ячменя - $3,66 \cdot 10^5$ КОЕ/г. На сухой послеспиртовой барде это количество составило $2,30 \cdot 10^4$ КОЕ/г (табл.1,2).

Микробиологическая обсемененность зерна и сухой барды не превышает допустимый уровень ОМЧ (количественный показатель, отображающий общее содержание мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов), указанный в проекте Технического регламента Таможенного союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» – не более $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г. Обработка этих образцов УДГСС позволила дополнительно снизить эти значения.

Таблица 1. Бактериологические характеристики ячменя до и после обработки ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензией

| Показатель | Ед. изм. | До инкубирования | После семи дней инкубирования |
|-------------------------------|----------|-------------------|-------------------------------|
| Ячмень, не обработанный УДГСС | КОЕ /г | $3,66 \cdot 10^5$ | $3,68 \cdot 10^5$ |
| Ячмень, обработанный УДГСС | КОЕ /г | $1,23 \cdot 10^4$ | $1,24 \cdot 10^4$ |

Из данных, представленных в табл. 1, следует, что в процессе обработки ячменя УДГСС количество КОЕ уменьшается почти в 30 раз (с $3,66 \cdot 10^5$ КОЕ/г зерна до $1,23 \cdot 10^4$ КОЕ/г зерна). При хранении зерна при комнатной температуре в течение 7 дней количество КОЕ не увеличивается.

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что при обработке сухой послеспиртовой барды УДГСС количество КОЕ снижается в 1,3 раза (с $2,3 \cdot 10^4$ КОЕ /г барды до $1,77 \cdot 10^4$ КОЕ/ г барды). При хранении сухой послеспиртовой барды в течение семи дней количество КОЕ увеличивается, но это значение не превышает значения КОЕ на не обработанной сухой послеспиртовой барды, а даже ниже. Это дает основание рекомендовать

использовать УДГСС для консервации послеспиртовой барды для более длительного сохранения барды для кормовых целей без значительных затрат.

Таблица 2. Бактериологические характеристики сухой послеспиртовой барды до и после обработки ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензией

| Показатель | Ед. изм. | До хранения | После 7 суток хранения |
|--|----------|-------------------|------------------------|
| Послеспиртовая барда не обработанная УДГСС | КОЕ /г | $2,30 \cdot 10^4$ | $2,50 \cdot 10^4$ |
| Послеспиртовая барда обработанная УДГСС | КОЕ /г | $1,77 \cdot 10^4$ | $2,18 \cdot 10^4$ |

Менее выраженный бактериостатический эффект УДГСС при обработке сухой послеспиртовой ячменной барды, вероятно, объясняется меньшим временем обработки: 30 минут – время обработки УДГСС сухой послеспиртовой барды и 24 ч – время обработки зерен ячменя.

Выводы. Результаты, полученные в ходе проведенных экспериментов, позволяют говорить о новом способе обработки зерна и сухой послеспиртовой барды для обеспечения безопасности кормов для животных, расширении области применения ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий. Снижение микробиологической обсемененности зерна и сухой послеспиртовой барды, применяемых в качестве добавок к основному рациону, позволит повысить продуктивность и качество продукции животноводства и птицеводства.

Литература

1. Юдахина М.А., Табаков Н.А. Влияние скармливания плющеного ячменя на молочную продуктивность и качество продуктов переработки // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №8. – С.172-175.
2. Митюков А.С., Румянцев В.А., Крюков Л.Н., Ярошевич Г.С. Сапропель и перспективы его использования в аграрном секторе экономики // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2016. – №2 (39). –С. 110–114.
3. Демченко Е.В., Вершинина Е.В., Петрова А.Е. Влияние сельскохозяйственной культуры и эколого-графической зоны произрастания на состав эпифитной микрофлоры зерна // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 7. – С. 95-96.
4. Yang, L., Danzberger, J., Schöler, A., Schröder, P., Schloter, M., Radl, V. Dominant Groups of Potentially Active Bacteria Shared by Barley Seeds become Less Abundant in Root Associated Microbiome. Front. Plant Sci. – 2017. – № 8. –P. 1005.
5. Fung, D.Y.C., Cunningham, F.E. Effect of microwaves on microorganisms in foods. J. Food Prot. – 1980. №43. – P. 641-650.
6. Farajzadeh D., Qorbanpoor A., Rafati H., Isfeedvajani M.S. Reduction of date microbial load with ozone. J Res Med Sci. – 2013. – Vol. 18 № 4. P. 330–334.
7. Briggs D.E, McGuinness G. Microbes on barley grains. J. Inst. Brew. – 1993. № 99. – P. 249–255.
8. Румянцев В.А., Митюков А.С., Крюков Л.Н., Ярошевич Г.С. Уникальность свойств гуминовых веществ сапропеля // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 473. –№ 6. –С 1–4.

Literatura

1. YUdahina M.A., Tabakov N.A. Vliyanie skarmlivaniya plyushchenogo yachmenya na molochnuyu produktivnost' i kachestvo produktov pererabotki // Vestnik KrasGAU. – 2011. – №8. – S.172-175.
2. Mityukov A.S., Rumyanцев V.A., Kryukov L.N., YArashevich G.S. Sapropel' i perspektivy ego ispol'zovaniya v agrarnom sektore ekonomiki // Obshchestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana). – 2016. – №2 (39). –S. 110–114.

3. **Demchenko E.V., Vershinina E.V., Petrova A.E.** Vliyanie sel'skohozyajstvennoj kul'tury i ekologo-graficheskoj zony proizrastaniya na sostav epifitnoj mikroflory zerna // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2004. – № 7. – S. 95-96.
4. **Yang, L., Danzberger, J., Schöler, A., Schröder, P., Schloter, M., Radl, V.** Dominant Groups of Potentially Active Bacteria Shared by Barley Seeds become Less Abundant in Root Associated Microbiome. *Front. Plant Sci.* – 2017. – № 8. –P. 1005.
5. **Fung, D.Y.C., Cunningham, F.E.** Effect of microwaves on microorganisms in foods. *J. Food Prot.* – 1980. №43. – P. 641-650.
6. **Farajzadeh D., Qorbanpoor A., Rafati H., Isfeedvajani M.S.** Reduction of date microbial load with ozone. *J Res Med Sci.* – 2013. – Vol. 18 № 4. P. 330–334.
7. **Briggs D.E, McGuinness G.** Microbes on barley grains. *J. Inst. Brew.* – 1993. № 99. – P. 249–255.
8. **Rumyancev V.A., Mityukov A.S., Kryukov L.N., YArOShevich G.S.** Unikal'nost' svojstv guminovyh veshchestv sapropelya //Doklady Akademii nauk. – 2017. – Т. 473. –№ 6. –S 1–4.

УДК 632.954:633.71

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12033

Канд. с.-х. наук **Т.В. ПЛОТНИКОВА**
(Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий,
agrotobacco@mail.ru)

Канд. с.-х. наук **С.Н. ВЛАДИМИРОВА**
(Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий,
agrotobacco@mail.ru)

Доктор экон. наук **В.А. САЛОМАТИН**
(Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий,
vniitt1@mail.kuban.ru)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ ХАКАФОС ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ТАБАКА

Известно, что использование удобрений с целью повышения урожая и улучшения его качественных показателей является основой эффективного растениеводства. Однако из-за кризисного сельскохозяйственного производства снижаются объемы внесения органических и минеральных удобрений. Недостаточное питание растений становится причиной задержки роста и развития растений, а также снижения урожая сельхозпродукции с заданными характеристиками. Высокая стоимость традиционных форм минеральных агрохимикатов заставляет изыскивать новые удобрительные средства и включать их в современные агротехнологии. При этом экологизация сельского хозяйства является важнейшим направлением его устойчивого развития, предусматривающая комплекс мероприятий по сохранению почвенного плодородия и улучшению качества сельхозпродукции [1].

Кризисные явления в отрасли сельского хозяйства коснулись наиболее трудоемких культур, к которым относится и табак. Усовершенствование технологии его возделывания путем применения новых видов удобрений экологически чистых с ресурсосберегающей направленностью для улучшения роста и развития растений, увеличения их продуктивности и повышения качества сырья является перспективным направлением в табаководстве.

Формирование качественного конечного продукта начинается с выращивания рассады. Данный период является ответственным, так как именно полученный к оптимальному сроку высадки в поле стандартный посадочный материал является залогом высокого урожая табака [2]. Препятствиями на пути получения здоровой стандартной рассады с хорошо развитой корневой системой в результате бессменного возделывания растений на одном месте являются недостаточное минеральное питание растений, деградация питательной смеси рассадника, в том числе физическая (теряет структуру,

заплывает после поливов и т.д.) и микробиологическая [3]. Для предотвращения такой ситуации в технологию выращивания табачной рассады целесообразно включить элементы, снижающие потери органического вещества из субстрата и сохраняющие плодородие питательной смеси рассадника. Одним из важных приемов является ежегодная замена субстрата, однако этот процесс трудоемкий и дорогостоящий.

Внесение оптимальной дозы химических удобрений частично решает данную проблему, однако высокая стоимость и отнесение к загрязняющему фактору окружающей среды [5] сдерживает их использование, особенно в полевой период. Альтернативой может служить использование комплексных водорастворимых удобрений с микроэлементами в хелатной форме, которые позволяют контролировать развитие растения на всех стадиях, а их питательное воздействие продолжается на протяжении всего процесса роста культуры, гарантируя при небольших затратах (низкие дозы) повышение продуктивности и улучшение качества растительной продукции.

Цель и задачи исследований. В связи с вышесказанным, возникла необходимость выявить формы современных удобрительных средств, которые окажутся наиболее эффективными для выращивания хорошо развитой табачной рассады, чтобы потом за счет использования качественного посадочного материала в поле получить существенную прибавку табачного сырья хорошего качества. В этом случае фактически происходит пролонгация положительного действия удобрений, внесенных в рассадный период.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проведены на экспериментальной базе ВНИИТТИ (2017-2018 гг.). Табачную рассаду сорта Остролист 316 и Крупнолистный 9М выращивали в необогреваемых парниках. Площадь учетной делянки – 1 м². Опыт закладывался на длительно несменяемой (13-14 лет) питательной смеси с предварительным созданием азотного фона из расчета 50% от оптимального содержания лабильного азота. Такая питательная смесь являлась контролем и фоном. Эталон – вариант с расчетно-оптимальным содержанием главных питательных элементов в парниковой смеси: сумма нитратного и аммиачного азота – 70 мг, подвижного фосфора и обменного калия – по 60 мг на 100 г смеси, созданного за 5-7 дней до посева табака за счет использования однокомпонентных минеральных удобрений (аммиачная селитра, суперфосфат и сульфат калия) на основании проведенных агрохимических анализов [7]. Испытываемый препарат Хакафос (20-20-20) (производства Германии) в рассаднике вносили в основные фазы развития табачной рассады: «крестик», «ушки» и годная к высадке в дозах 0,2 г/м² из расчета 1 л питательного раствора на 1 м². Это сбалансированное комплексное водорастворимое NPK (+ S и MgO) удобрение с микроэлементами (B, Cu, Mn, Fe, Mo, Zn) [8].

После выборки растения строго по вариантам высаживали из парника в поле для оценки продуктивности культуры в целом. В полевых опытах площадь учетной делянки составляла 14 м², при схеме посадки 70 x 25 см, повторность четырехкратная. Почва опытного участка – западно-предкавказский чернозем, выщелоченный.

Результаты исследования. В результате проведенных опытов определено, что рассада, выращенная с использованием удобрения Хакафос, получается качественной, выровненной, с хорошо развитой корневой системой, что является важным условием оптимального ведения культуры. Установлено, что обработанная комплексным удобрением рассада превышала длину до точки роста контрольные растения в зависимости от сорта на 65 - 68%, до конца вытянутых листьев – на 52-56%, массу корней – на 37-51%, массу наземной части – на 30-59% (табл. 1). Толщина стебля удобренных растений у корневой шейки увеличилась на 0,9 мм и 0,7 мм в сравнении с контролем.

При этом на эталонном варианте с использованием полной оптимальной дозы минеральных удобрений все показатели оказались очень близкими к полученным на варианте, где рассада была обработана препаратом Хакафос.

Таблица 1. Влияние современного комплексного удобрения Хакафос на формирование и выход стандартной рассады табака

| Вариант | Длина (см) до | | Количество листьев, шт. | Диаметр стебля, мм | Масса (г) 25 сырых | | Выход стандартной рассады, шт./м ² |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------|---|
| | точки роста | конца вытянутых листьев | | | стеблей | корней | |
| Сорт Остролист 316 | | | | | | | |
| Контроль (фон) | 7,5 | 15,8 | 5 | 4,1 | 87,8 | 4,9 | 736 |
| НРК (эталон) | 12,3 | 24,4 | 5-6 | 5,0 | 141,0 | 7,8 | 991 |
| Хакафос 0,2 г/м ² | 12,6 | 24,7 | 5-6 | 5,0 | 140,4 | 7,4 | 989 |
| Сорт Крупнолистный 9 М | | | | | | | |
| Контроль (фон) | 8,4 | 17,0 | 5 | 4,5 | 106,6 | 5,1 | 601 |
| НРК (эталон) | 13,4 | 25,3 | 5-6 | 5,2 | 159,4 | 7,0 | 994 |
| Хакафос 0,2 г/м ² | 13,9 | 25,9 | 5-6 | 5,2 | 160,2 | 7,0 | 992 |

Выход стандартной рассады к оптимальному агротехническому сроку высадки ее в поле при использовании комплексного удобрения составил 989 шт./м² (на эталоне – 991 шт./м²) (сорт Остролист 316) и 992 шт./м² (на эталоне – 994 шт./м²) (сорт Крупнолистный 9 М), что превысило значение контроля на 253 шт./м² и 391 шт./м² соответственно. Следует отметить, что применение современного агрохимиката в рассаднике не только способствует повышению выхода стандартной рассады, но и позволяет сократить сроки ее выгонки до 10 дней.

Экономия материальных ресурсов при использовании удобрения Хакафос происходит за счет уменьшения парниковой площади, необходимой для выгонки рекомендуемого количества рассады для посадки на площади 1 гектар. Так, для выращивания рассады сорта Остролист 316 без применения удобрений необходимо парниковой площади 82,2 м², сорта Крупнолистный 9М – 100,7 м² (количество растений берётся из расчета 60,5 тыс. растений, т.е. 55 тыс. растений / га + 10% страховой фонд), при применении агрохимиката Хакафос парниковая площадь сокращается до 61,0 - 61,2 м², что соответствует количеству, полученному на фоне с расчетно-оптимальной дозой минеральных удобрений – 61,0 м².

Исследования в полевой период показали, что через 60 суток растения сорта Остролист 316 на контрольных делянках отстали в росте на 10 см, а к концу уборки – на 17 см (14%) по сравнению с выращенными на фоне с использованием агрохимиката Хакафос, сорта Крупнолистный 9М – на 6 см и 10 см (6%) соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние использования удобрения Хакафос в рассадный период на рост и развитие табака

| Вариант | Высота растений, см | | Количество листьев, шт. | Площадь листа среднего яруса, см ² |
|-------------------------------|---------------------|----------------|-------------------------|---|
| | через 60 дней | в конце уборки | | |
| Сорт Остролист 316 | | | | |
| Контроль (фон) | 62 | 120 | 34 | 463 |
| НРК (эталон) | 71 | 135 | 36 | 570 |
| Хакафос | 72 | 137 | 36 | 578 |
| Сорт Крупнолистный 9 М | | | | |
| Контроль (фон) | 36 | 154 | 36 | 542 |
| НРК (эталон) | 43 | 165 | 38 | 627 |
| Хакафос | 42 | 164 | 38 | 629 |

Примечание. Удобрения применялись только при выращивании рассады табака

Площадь листа среднего яруса увеличилась на делянках с использованием в парниковый период препарата Хакафос на 115 см² (25%) (сорт Остролист 316) и на 87 см²

(16%) (сорт Крупнолистный 9 М). Разница по количеству листьев между удобренными в рассаднике и контрольными растениями составила 2 листа на растении.

По данным исследований, на контроле было зафиксировано наибольшее количество недоразвитых растений, которые имели высоту менее 50 см (15-16%). На делянках с высаженной удобренной современной препаратами рассадой их число составило 8-9% (табл. 3).

Таблица. 3. Влияние применения удобрения Хакафос в рассадный период на развитие и урожайность табака

| Вариант | Количество растений | | | | | | Урожайность, ц/га | Прибавка | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|----|--------------|----|---------------------------------------|-------------------|----------|----|
| | всего на учетной делянке, шт. | нормально развитых | | недоразвитых | | с созревшими семенными коробочками, % | | ц/га | % |
| | | шт. | % | шт. | % | | | | |
| Сорт Остролист 316 | | | | | | | | | |
| Контроль (фон) | 63 | 53 | 85 | 10 | 15 | 54 | 30,2 | - | - |
| НРК (эталон) | 62 | 58 | 94 | 4 | 6 | 70 | 36,0 | 5,8 | 19 |
| Хакафос | 65 | 59 | 91 | 6 | 9 | 73 | 36,5 | 6,3 | 21 |
| НСР ₀₅ | | | | | | | 2,21 | | |
| Сорт Крупнолистный 9 М | | | | | | | | | |
| Контроль (фон) | 61 | 51 | 84 | 10 | 16 | 22 | 46,6 | - | - |
| НРК (эталон) | 57 | 52 | 91 | 5 | 9 | 34 | 54,0 | 7,4 | 16 |
| Хакафос | 61 | 56 | 92 | 5 | 8 | 31 | 53,5 | 6,9 | 15 |
| НСР ₀₅ | | | | | | | 2,48 | | |

Применение удобрения Хакафос в рассаднике позволило сократить вегетационный полевой период, получить более дружное формирование соцветий и, как следствие, увеличить число продуктивных семенных (с побуревшими коробочками) растений сорта Остролист 316 к концу уборки на 35%, сорта Крупнолистный 9 М – на 41%.

Одним из важнейших хозяйственноценных признаков табака является урожайность его листьев, на которой отразились все отмеченные различия в росте и развитии растений. Применение удобрения Хакафос при выращивании табачной рассады сорта Остролист 316 позволило получить достоверную прибавку и обеспечило повышение урожайности сырья на 6,3 ц/га (21%) по сравнению с контролем (НСР₀₅ – 2,21 ц/га). При выращивании рассады перспективного сорта Крупнолистный 9М использование нового препарата обеспечило достоверную прибавку урожая табака на 6,9 ц/га (15%) (НСР₀₅ – 2,48 ц/га).

Важным критерием оценки эффективности технологического приема является его влияние на качество получаемого сырья. Удобрение Хакафос улучшило химический состав табачного сырья за счет увеличения содержания углеводов (в 1,2 и 1,4 раза) (положительное явление) (табл.4).

Таблица. 4. Влияние удобрения Хакафос на химический состав табачного сырья

| Вариант | Содержание, % | | | | Число Шмука |
|------------------------------|---------------|-----------|--------|-------|-------------|
| | никотина | углеводов | белков | хлора | |
| Сорт Остролист 316 | | | | | |
| Контроль (фон) | 1,4 | 4,4 | 5,3 | 0,11 | 0,83 |
| НРК (эталон) | 1,4 | 6,0 | 6,2 | 0,14 | 0,97 |
| Хакафос | 1,5 | 5,4 | 5,7 | 0,10 | 0,95 |
| Сорт Крупнолистный 9М | | | | | |
| Контроль (фон) | 1,0 | 10,5 | 5,7 | 0,11 | 1,84 |
| НРК (эталон) | 1,0 | 14,7 | 6,9 | 0,13 | 2,13 |
| Хакафос | 0,9 | 14,4 | 6,7 | 0,11 | 2,15 |

Углеводно-белковое соотношение (число Шмука) – общепринятый показатель оценки качества табака увеличился в 1,1 раза (сорт Остролист 316) и в 1,2 раза (сорт Крупнолистный 9 М), что говорит о положительном изменении химического состава табачного сырья.

Выводы. На основании проведенных исследований установлено, что изучаемый препарат Хакафос по эффективности не уступает или мало уступает затратному варианту (эталону) с внесением в питательную смесь сбалансированного минерального удобрения и рекомендуется использовать в технологии табака при возделывании на длительно несменяемой питательной смеси. За счет получения более качественной рассады данный прием в дальнейшем приводит к существенному росту урожайности табака сорта Остролист 9 М (достоверная прибавка урожая 6,3 ц/га, или 21%) ($HCP_{05} = 2,21$ ц/га) и сорта Крупнолистный 9М (достоверная прибавка урожая 6,9 ц/га, или 15%) ($HCP_{05} = 2,48$ ц/га). Таким образом, современное водорастворимое комплексное удобрение Хакафос ($0,2$ г/м²) перспективно использовать в ресурсосберегающей технологии табака в рассадный период некорневым способом, совместно с поливной водой (1 л/м²) по основным фазам развития табачной рассады: «крестик», «ушки» и годная к высадке рассада. Для более эффективного использования препаратов содержание лабильного азота в питательной смеси должно быть не менее 35 мг/100 г субстрата (50% от оптимальной дозы).

Литература

1. **Виноградова В.С.** Агробиологическое обоснование эффективности применения водорастворимых удобрений в технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Инновационные технологии в агрохимии и комплексное обслуживание сельскохозяйственных предприятий на их основе: матер. науч.-практ. конф. – Курск, 2014. – С. 4-9.
2. **Гынку В.** Выращивание хорошей рассады – залог высоких урожаев табака // Табак. – 1987. – № 1. – С. 28.
3. **Оказов П.Н., Иваненко Б.Г., Мурзинова И.И.** [и др.]. Технология выращивания рассады табака на несменяемой смеси в парниках и пленочных теплицах. – Краснодар, 1987. – 32 с.
4. **Алехин С.Н., Саломатин В.А., Мурзинова И.И.** [и др.]. Влияние основных агротехнологических приемов на урожайность и качества табака: сборник НИР ВНИИТТИ. – Краснодар, 2010. – Вып. 179. – С. 215-229.
5. **Алексеев В.А., Бузмаков М.С., Панин М.С.** Геохимия окружающей среды: учеб. пособие для вузов / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 359 с.
6. **Борисова Т.Г.** Эти загадочные хелатные удобрения // АиФ на даче. – 2012. – №11. – С.2.
7. **Алехин С.Н., Сидорова Н.В.** Оптимальное содержание подвижных форм NPK в питательной смеси // Технические культуры. – 1993. – № 1. – С. 20-22.
8. **Яковлев Е.Б.** ХАКАФОС. URL: - <http://compo-expert-cis.com/Product/Hakaphos> (дата обращения: 15.02.2019).

Literatura

1. **Vinogradova V.S.** Agrobiologicheskoe obosnovanie effektivnosti primeneniya vodorastvorimyh udobrenij v tekhnologii vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Innovacionnye tekhnologii v agrohimii i kompleksnoe obsluzhivanie sel'skohozyajstvennyh predpriyatij na ih osnove: mater. nauch.-prakt. konf. – Kursk, 2014. – S. 4-9.
2. **Gynku V.** Vyrashchivanie horoshej rassady – zalog vysokih urozhav tabaka // Tabak. – 1987. – № 1. – S. 28.
3. **Okazov P.N., Ivanenko B.G., Murzinova I.I.** [i dr.]. Tekhnologiya vyrashchivaniya rassady tabaka na nesmenyaemoj smesi v parnikah i plenochnyh teplicah. – Krasnodar, 1987. – 32 s.
4. **Alekhin S.N., Salomatina V.A., Murzinova I.I.** [i dr.]. Vliyanie osnovnyh agrotekhnologicheskikh priemov na urozhajnost' i kachestva tabaka: sbornik NIR VNIITTI. – Krasnodar, 2010. – Vyp. 179. – S. 215-229.

5. **Alekseenko V.A., Buzmakov M.S., Panin M.S.** Geohimiya okruzhayushchej sredy: ucheb. posobie dlya vuzov / Perm. gos. nac. issled. un-t. – Perm', 2013. – 359 s.
6. **Borisova T.G.** Eti zagadochnye helatnye udobreniya // AiF na dache. – 2012. – №11. – S.2.
7. **Alyohin S.N., Sidorova N.V.** Optimal'noe sodержanie podvizhnyh form NPK v pitatel'noj smesi // Tekhnicheskie kul'tury. – 1993. – № 1. – S. 20-22.
8. **Yakovlev E.B.** НАКАФОС. URL: - <http://compo-expert-cis.com/Product/Накафос> (data obrashcheniya: 15.02.2019).

УДК 631.87: 633.52

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12038

Канд. биол. наук **Р.С. ГАМЗАЕВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, r.gamzaeva@yandex.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДЕСТРУКТОРА БАК-ВЕРАД НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

В настоящее время нефть и нефтепродукты представляют один из наиболее широко распространенных и токсичных классов загрязнителей окружающей среды. Поступая в почву, они в первую очередь влияют на ее биологические свойства. Несмотря на большое количество работ, посвященных этой теме, до сих пор остаются нерешенными вопросы, связанные с оценкой воздействия нефтяного загрязнения на микрофлору почвы, на биологические и морфологические особенности развития растений. В настоящее время успешно развиваются технологии биоремедиации нефтезагрязненных территорий. Решение проблемы достигается за счет стимуляции микробных ценозов путем внесения удобрений, микроорганизмов, которые способны наиболее эффективно утилизировать данный загрязнитель или путем внесения различных биопрепаратов. Наиболее перспективным направлением биоремедиации нефтезагрязненных объектов является применение биологического метода, основанного на использовании биохимического потенциала микроорганизмов, позволяющих ускорить разложение нефти и нефтепродуктов, не нанося дополнительного ущерба нарушенной экосистеме [2].

Даже незначительное загрязнение нефтью вызывает снижение количества микроорганизмов, угнетает процессы азотфиксации, нитрификации, разложения целлюлозы и приводит к накоплению трудно окисляемых продуктов в почве.

Поскольку основным элементом, входящим в состав нефти, является углерод, массовое содержание которого колеблется в пределах 83–87%, то содержание органического вещества в расчете на общий углерод и гумус в загрязненных почвах возрастает за счет углерода нефти [2].

Одновременно с ростом содержания привнесенного углерода происходит увеличение отношения C:N. При этом изменения содержания общего азота незначительны. Как известно, чем меньше отношение C:N, тем выше подверженность органического вещества к минерализации. Наиболее благоприятны для микробного гидролиза соединения с величиной C:N от 10 до 20. В нефтезагрязненной почве отношение C:N колеблется от 50 до 400-420 в зависимости от количества привнесенного углерода и типа почвы, что приводит к ухудшению азотного режима почв и нарушению корневого питания растений [1,2].

В нефтезагрязненных почвах, наряду с ухудшением азотного режима, происходит уменьшение содержания подвижных форм фосфора и калия, что снижает численность микроорганизмов, способных утилизировать загрязнитель. Поэтому один из важных факторов при биоремедиации – это стимулирование роста природных микроорганизмов, способных к деструкции углеводородов, внесением биогенных элементов.

Цель исследований – изучение особенностей применения биодеструктора Бак-Верад на дерново-подзолистой почве, загрязненной нефтепродуктами.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования по изучению влияния биопрепарата Бак-Верад на степень деструкции углеводов нефти при выращивании растений ячменя и салата проводили в 2017-2018 гг. Для этого использовали сосуды Кирсанова (емкость 5 кг). В отдельной емкости почву загрязняли нефтью, перемешивали и добавляли суспензию биопрепарата Бак-Верад (5 мл на сосуд). В качестве биогенных источников азота, фосфора и калия использовали минеральные удобрения (по Кнопу) из расчета на сосуд: калий хлористый (KCl) – 1 г и суперфосфат двойной ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$) – 1,2 г, аммиачная селитра (NH_4NO_3) – 1,2 г/сосуд. Все операции при закладке опыта проводили в начале августа 2017 года. Сосуды были оставлены в вегетационном домике. В конце мая 2018 года был произведен посев с предварительным внесением биопрепарата (за 10 дней). Общее количество микроорганизмов определяли на 25 день после посева методом количественных разведений (по Коху), общую биологическую активность определяли методом аппликаций (по интенсивности разложения полотна) [5]. Количество хлорофиллов определяли спектрофотометрическим методом при длине волн 665, 649,445 нм. Для расчета концентрации хлорофиллов использовали формулу Винтерманса де Мотса [8].

Объектами исследований явились ячмень (сорт Потра) и салат (сорт Азарт). Остаточное количество нефтепродуктов определяли на приборе ИКН-025 (ПНДФ 16.1; 2.2.22-98) [7].

Опыт закладывали по следующей схеме:

1. Контроль;
2. NPK-фон;
3. Фон+2000 мг/кг нефтепродукта;
4. Фон+6000 мг/кг нефтепродукта;
5. Фон+10000 мг/кг нефтепродукта;
6. Фон+2000 мг/кг + деструктор;
7. Фон+6000 мг/кг + деструктор;
8. Фон+10000 мг/кг + деструктор.

Характеристика бактериального препарата Бак-Верад.

Бактериальный препарат Бак-Верад состоит из консорциума штаммов бактерий родов *Bacillus*, *Atherobacter*, *Rhodococcus* и *Pseudomonas*. Бак-Верад предназначен для ускорения биологической деструкции в окружающей среде углеводородных ксенобиотиков. Препарат выпускается в жидкой и сухой формах.

Характеристика микроорганизмов, составляющих препарат Бак-Верад:

Род *Bacillus* относится к семейству *Bacillaceae*, классу *Firmibacteria*, отделу *Firmicutes*. Грамположительные. Аэробы. Образуют споры. Сапротрофы.

Род *Atherobacter* (коринеформные бактерии) относится к классу *Tallobacteria*, отделу *Firmicutes*. Грамположительные. Спор не образуют. Строгие аэробы. Хемоорганотрофы. Сапротрофы.

Род *Rhodococcus* относится к семейству *Actinomycetes*, классу *Tallobacteria*, отделу *Firmicutes*. Грамположительные. Хемоорганотрофы. Аэробы. В цикле развития имеют мицелиальную стадию [3].

Род *Pseudomonas* относится к семейству *Pseudomonadaceae*, классу *Scotobacteria*, отделу *Gracilicutes*. Грамотрицательные. Неспоровые бактерии. Хемоорганотрофы. Строгие аэробы.

Результаты исследования. Целлюлоза является самым распространённым органическим соединением в природе. В ее состав входит более 50% всего органического углерода. Разложение целлюлозы играет первенствующую роль в круговороте углерода, так как именно этот процесс обеспечивает возврат основной массы CO_2 в атмосферу. С разложением целлюлозы в почве связано образование гумусовых веществ и формирование почвенной микрофлоры.

Биологическую активность почвы определяли методом аппликаций. Известно, что этот метод свидетельствует о разрушении клетчатки и об активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов [5].

Поскольку их активность в значительной степени определяется присутствием в почве доступных питательных веществ и в первую очередь азотных, то можно предположить, что этот метод отображает напряженность хода микробиологических процессов в целом.

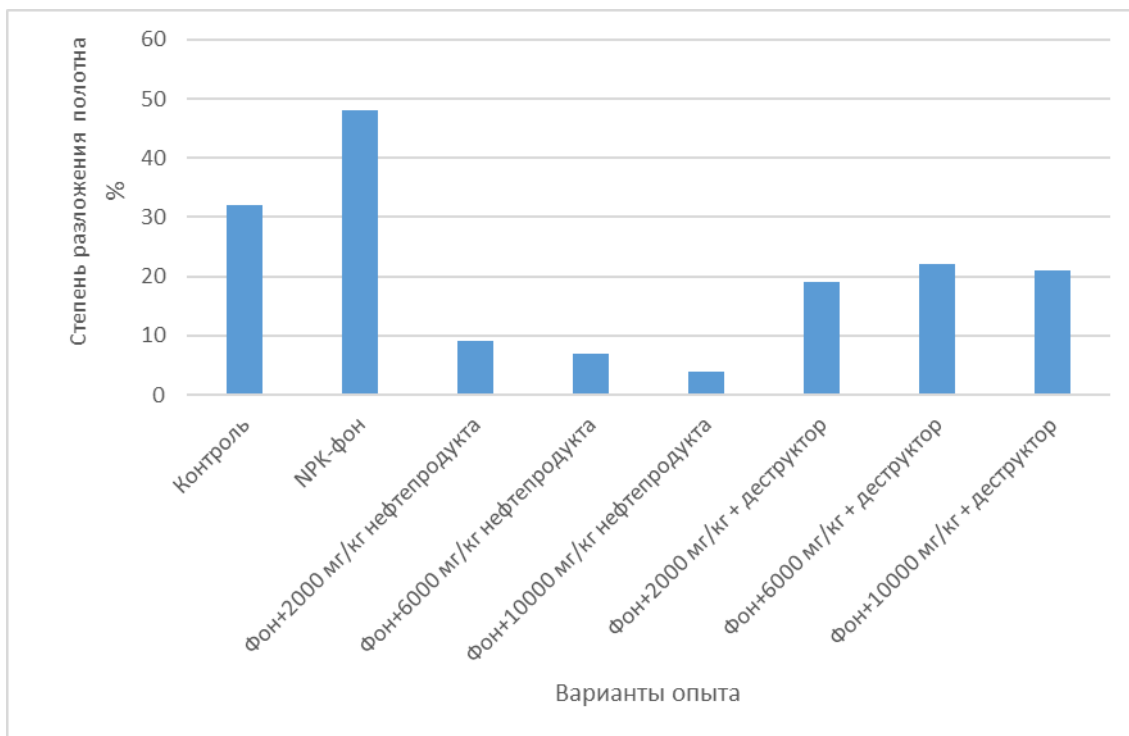


Рис. 1. Влияние биодеструктора Бак-Верд на общую биологическую активность почвы при выращивании ячменя

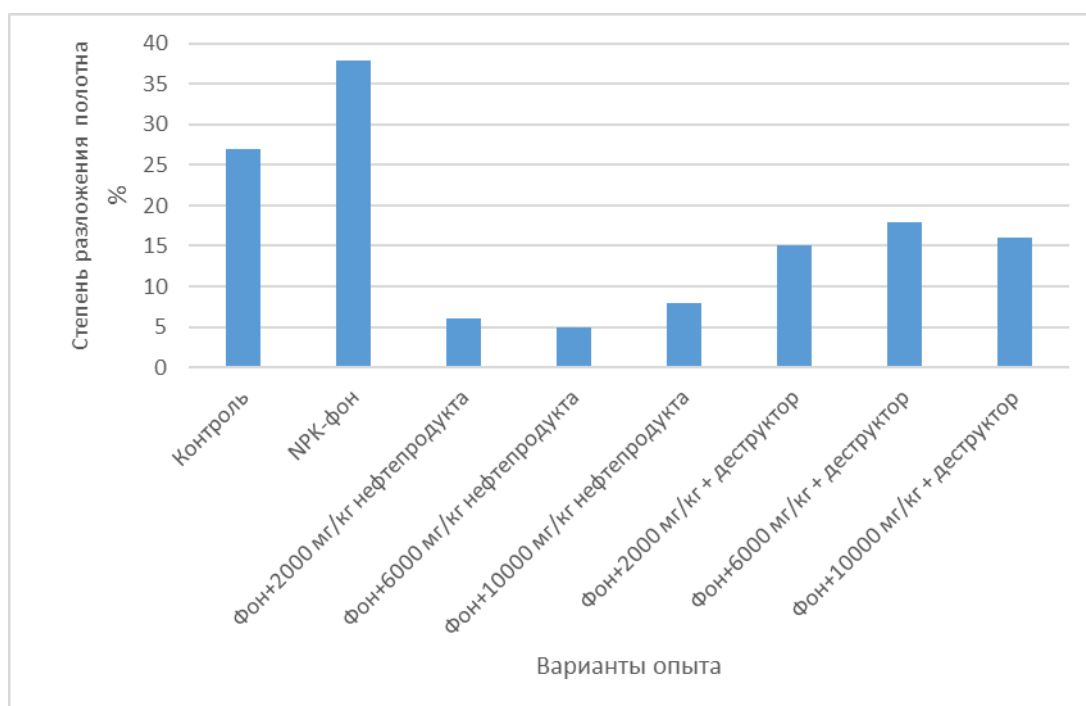


Рис. 2. Влияние биодеструктора Бак-Верд на общую биологическую активность почвы при выращивании салата

Результаты наших исследований показали, что при применении биодеструктора общая биологическая активность возрастала во всех вариантах (рис.1,2). Причем максимальная биологическая активность отмечена при выращивании ячменя (рис.1).

Известно, что чем выше в почве содержание подвижного азота и других элементов питания, тем активнее идет окисление целлюлозы. Также известно, что на активность разложения целлюлозы влияют и бактериальные препараты [3]. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы, разлагая клетчатку, синтезируют и частично выделяют в среду аминокислоты [5]. Вероятно, это и способствовало увеличению общего количества микроорганизмов в 1 грамме почвы(табл.1).

Таблица 1. Влияние биодеструктора Бак-Верад на содержание количества микроорганизмов в 1 г сырой почвы

| Варианты опыта | Культура | Количество микроорганизмов в 1 г почвы |
|-------------------------------|----------|--|
| Контроль | Ячмень | 1430000 |
| НРК-фон | | 2990000 |
| Фон+2000 мг/кг (10 мл нефти) | | 980000 |
| Фон+6000 мг/кг (30 мл нефти) | | 560000 |
| Фон+10000 мг/кг (50 мл нефти) | | 290000 |
| Фон+2000 мг/кг + деструктор | | 1930000 |
| Фон+6000 мг/кг + деструктор | | 2130000 |
| Фон+10000 мг/кг + деструктор | | 1990000 |
| НСР _{0,5} | | 20500 |
| Контроль | | Салат |
| НРК-фон | 2690000 | |
| Фон+2000 мг/кг (10 мл нефти) | 780000 | |
| Фон+6000 мг/кг (30 мл нефти) | 660000 | |
| Фон+10000 мг/кг (50 мл нефти) | 590000 | |
| Фон+2000 мг/кг + деструктор | 1850000 | |
| Фон+6000 мг/кг + деструктор | 2020000 | |
| Фон+10000 мг/кг + деструктор | 1890000 | |
| НСР _{0,5} | 144706 | |

Из данных табл. 1 видно, что общее количество микроорганизмов в вариантах с применением биодеструктора возрастала. Причём наибольшее количество КОЕ также отмечена при выращивании ячменя. При анализе выросших колоний на МПА было выявлено, что в вариантах с биодеструктором наблюдалось значительное количество колоний таких микроорганизмов как- *Bacillus mycoides*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus subtilis*, а также ветвящихся бактерий – *Actinomycetales*, что доказывает аммонифицирующую и целлюлозоразлагающую активность почвы. Микробиологическая диагностика загрязненной дерново-подзолистой почвы показала, что в численности микромицетов преобладали грибы родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Наиболее устойчивым к нефтяному загрязнению оказался вид *Aspergillus niger*, который присутствовал как в контроле, так и во всех вариантах нефтезагрязненной почвы.

Известно, что на количественное содержание фотосинтетических пигментов влияют фиторегуляторы роста [6], бактериальные препараты [4], но недостаточно данных о влиянии нефтепродуктов.

Неблагоприятные условия среды, такие как засуха, высокие и низкие температуры, засоление, нефтезагрязнение и другие, оказывают влияние на фотосинтетический аппарат и, как следствие, на пигменты фотосинтеза. Два важных процесса в растении – фотосинтез и

дыхание – обеспечивают материально-энергетическую основу жизнедеятельности растений. Эти процессы обеспечивают растительные организмы метаболитами и энергетическими источниками такими как АТФ и НАДФ. Высокие концентрации нефти отрицательно сказываются на структуру хлоропластов, процессы циклического и нециклического фотофосфорилирования [11].

Все без исключения стрессоры в определенной интенсивности нарушают протекание процесса фотосинтеза, дыхания и других физиологических процессов, что приводит к появлению активных форм кислорода, крайне отрицательно влияющих на клеточный метаболизм. Для снижения уровня этих агрессивных радикалов также используются одни и те же системы защиты в разных растениях и при разных стрессовых условиях [10,11].

Таблица 2. Влияние биодеструктора Бак-Верад на содержание фотосинтетических пигментов в листьях ячменя и салата мг/г сырой почвы

| Варианты опыта | Хлорофилл а | Хлорофилл б | Каротиноиды |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Ячмень | | | |
| Контроль | 6,92 | 2,74 | 2,13 |
| НРК-фон | 7,73 | 2,85 | 1,56 |
| Фон+2000 мг/кг нефтепродукта | 4,1 | 2,72 | 1,98 |
| Фон+6000 мг/кг нефтепродукта | 4,0 | 2,45 | 1,92 |
| Фон+10000 мг/кг нефтепродукта | 3,7 | 2,10 | 1,52 |
| Фон+2000 мг/кг + деструктор | 5,14 | 2,70 | 1,98 |
| Фон+6000 мг/кг + деструктор | 5,0 | 2,47 | 1,94 |
| Фон+10000 мг/кг + деструктор | 4,85 | 2,41 | 1,76 |
| НСР _{0,5} | 0,31 | 0,33 | 0,21 |
| Салат | | | |
| Контроль | 2,42 | 0,61 | 0,89 |
| НРК-фон | 2,67 | 0,72 | 0,95 |
| Фон+2000 мг/кг нефтепродукта | 1,52 | 0,4 | 0,79 |
| Фон+6000 мг/кг нефтепродукта | 1,55 | 0,37 | 0,81 |
| Фон+10000 мг/кг нефтепродукта | 1,59 | 0,36 | 0,72 |
| Фон+2000 мг/кг + деструктор | 1,95 | 0,48 | 0,82 |
| Фон+6000 мг/кг + деструктор | 1,99 | 0,48 | 0,82 |
| Фон+10000 мг/кг + деструктор | 2,0 | 0,46 | 0,84 |
| НСР _{0,5} | 0,17 | 0,09 | 0,04 |

Важную роль в стрессе растений играют каротиноиды. Известно, что они защищают клетки растений от повреждений. Они присутствуют в мембранах у всех фотосинтезирующих организмов, где они выполняют ряд важнейших функций в процессе фотосинтеза: антенную (дополнительные пигменты в процессе поглощения солнечной энергии), защитную (тушители триплетного хлорофилла и синглетного кислорода) и

фотопротекторную (предохраняют реакционный центр от мощных потоков энергии при высоких интенсивностях света и стабилизируют липидную фазу тилакоидных мембран, защищая ее от перекисления [10,11].

Результаты определения содержания зеленых пигментов свидетельствуют о том, что количество хлорофиллов *a* и *b* значительно снижалось в вариантах с нефтепродуктами по сравнению с контрольными вариантами (табл.2). Возможно, это связано с нарушением процесса биосинтеза хлорофиллов в условиях стресса. Установлено, что содержание каротиноидов в вариантах с нефтепродуктами незначительно отличалось от контрольных вариантов у обоих изученных растений (табл.2). Вероятно, этот факт имеет адаптивное значение, так как каротиноидам принадлежит протекторная роль. Они являются компонентами антиоксидантной системы, в функции которой входит защита мембран от повреждающего действия свободных радикалов [10,11].

Нефть оказывает отрицательное влияние на рост, метаболизм и развитие растений, подавляет рост надземных и подземных частей растений, в значительной степени задерживает начало цветения и колошения. Загрязненные нефтью цветки редко образуют семена [12].

Результаты опытов показали, что биологическая продуктивность изученных растений в вариантах с обработкой биодеструктором была выше по сравнению с вариантами без обработки почти 2 раза.

Таблица 3. Влияние биопрепарата Бак-Верад на биомассу наземных органов растений ячменя и салата

| Варианты опыта | Биомасса наземных органов г/сосуд | |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------|
| | ячмень | салат |
| Контроль | 42,7 | 83,9 |
| НРК-фон | 67,6 | 98,4 |
| Фон+2000 мг/кг нефтепродукта | 21,7 | 38,6 |
| Фон+6000 мг/кг нефтепродукта | 19,4 | 29,9 |
| Фон+10000 мг/кг нефтепродукта | 14,4 | 17,3 |
| Фон+2000 мг/кг + деструктор | 36,6 | 67,8 |
| Фон+6000 мг/кг + деструктор | 34,3 | 61,6 |
| Фон+10000 мг/кг + деструктор | 30,8 | 44,7 |
| НСР0,5 | 1,1 | 4,2 |

Известно, что при применении консорциума микроорганизмов биodeградация нефти происходит более эффективно и за меньшие сроки, чем при использовании индивидуальных бактерий. Этот факт объясняется тем, что микроорганизмы, входящие в состав ассоциаций, обладая разными ферментными системами, способны деградировать углеводороды более эффективно [1].

Результаты наших исследований показали, что внесение биопрепарата Бак-Верад значительно снижает содержание нефтепродуктов в почве (табл.3). Отмечено, что разложение нефтепродуктов в вариантах с внесением деструктора в 3-4 раза выше, чем в вариантах без обработки. В ходе исследований также выявлено, что при выращивании ячменя биодеструкция осуществляется более эффективно, чем при выращивании салата (табл.1). Возможно, это связано с тем, что растения ячменя обладают способностью создавать в прикорневой зоне (ризосфере) микрофлору за счет экзосмоса, которая способствует более интенсивному протеканию микробиологических процессов в почве. В зависимости от многих причин интенсивность экзосмоса может быть большей или меньшей. Также известно, что ризосферные микроорганизмы способны к деградации различных токсичных веществ, в том числе и углеводородов нефти [12].

Таблица 4. Деструкция углеводородов нефти при применении препарата Бак-Верад

| Варианты опыта | Ячмень | | Салат | |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| | Содержание нефтепродуктов мг/кг через 12 месяцев | Степень деградации в %, через 12 месяцев | Содержание нефтепродуктов мг/кг через 12 месяцев | Степень деградации в %, через 12 месяцев |
| Контроль | 0 | - | 0 | - |
| НРК-фон | 0 | - | 0 | - |
| Фон+2000 мг/кг нефтепродукта | 1830 | 8,5 | 1870 | 6,5 |
| Фон+6000 мг/кг нефтепродукта | 5640 | 6,0 | 5480 | 8,7 |
| Фон+10000 мг/кг нефтепродукта | 9170 | 8,3 | 9420 | 5,8 |
| Фон+2000 мг/кг + деструктор | 1380 | 31,0 | 1560 | 22 |
| Фон+6000 мг/кг + деструктор | 4260 | 29,0 | 4380 | 27,0 |
| Фон+10000 мг/кг + деструктор | 7640 | 23,6 | 8130 | 18,7 |
| НСР ₉₅ | 144 | - | 157 | - |

Таким образом, на основании наших исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Результаты наших исследований показали, что применение биодеструктора Бак-Верад увеличивает общую биологическую активность дерново-подзолистой почвы, загрязненной нефтепродуктами.

2. При применении биодеструктора количественное содержание хлорофиллов *a* и *b* у растений ячменя и салата возрастает, а на пул каротиноидов нефтепродукты не оказали существенного влияния.

3. При внесении биопрепарата Бак-Верад деструкция нефтепродуктов протекает более эффективно.

4. Культура ячменя менее фитотоксична к нефтяному загрязнению, чем культура салата.

Литература

1. **Ветрова А.А.** Биодegradация углеводородов нефти плазмидсодержащими микроорганизмами деструкторами: автореф. дис... канд. биол. наук.- М.: МГУ, 2010. – 10 с.
2. **Габбасова И.М., Абдурахманов Р.Ф., Хабиров И.К., Хазиев Ф.Х.** Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромышленными сточными водами в Башкортостане // Почвоведение. – 1997. – №11. – С. 1362-1372.
3. **Гамзаева Р.С.** Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на общую биологическую активность почвы и урожайность ячменя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 42. – С. 86-90.
4. **Гамзаева Р.С.** Влияние биопрепаратов Флавобактерин и Мизорин на физиолого-биохимические показатели различных сортов ячменя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 40. – С. 38-42.
5. **Емцев В.Т., Мишустин Е.Н.** Микробиология. – М.: Дрофа, 2005. – 328 с.
6. **Лаврищева Т.А.** Сравнительная оценка сортов салата цикорного Эндивия в весенне-летнем обороте в пленочных теплицах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 46. – С. 38-42.

7. **Методы определения нефтепродуктов в почвах и грунтах.** URL: <http://nortest.pro/stati/pochva/opredelenie-nefteproductov.html>. (дата обращения: 13.04.2019).
8. **Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В.** Большой практикум по фотосинтезу. – М.: Академия, 2003. – 254 с.
9. **Дымова О.В., Головкин Т.К.** Состояние пигментного аппарата растений живучки ползучей в связи с адаптацией к световым условиям произрастания // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – № 1.
10. **Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А.** Физиология растений. – М.: Высшая школа, 2005. – 736 с.
11. **Чиркова Т.В.** Физиологические основы устойчивости растений: учеб. пособие. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2002. – С. 58–68.
12. **Шамраев А.В., Шорина Т.С.** Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник ОГУ. – 2009. – №6. – С. 642

Literatura

1. **Vetrova A.A.** Biodegradaciya uglevodorodov nefiti plazmidsoderzhashchimi mikroorganizmami destruktormi: avtoref. dis... kand. biol. nauk.- М.: MGU, 2010. – 10 s.
2. **Gabbasova I.M., Abdurahmanov R.F., Habirov I.K., Haziev F.H.** Izmenenie svojstv pochv i sostava gruntovyh vod pri zagryaznenii nef'tyu i neftepromyslovymi stochnymi vodami v Bashkortostane // Pochvovedenie. – 1997. – №11. – S. 1362-1372.
3. **Gamzaeva R.S.** Vliyanie biopreparatov i mineral'nyh udobrenij na obshchuyu biologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhajnost' yachmenya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 42. – S. 86-90.
4. **Gamzaeva R.S.** Vliyanie biopreparatov Flavobakterin i Mizorin na fiziologo-biohimicheskie pokazateli razlichnyh sortov yachmenya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 40. – S. 38-42.
5. **Emcev V.T., Mishustin E.N.** Mikrobiologiya. – М.: Drofa, 2005. – 328 s.
6. **Lavrishcheva T.A.** Sravnitel'naya ocenka sortov salata cikornogo Endiviya v vesenne-letnem oborote v plenchnyh teplicah Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 46. – S. 38-42.
7. **Metody opredeleniya nefteproduktov v pochvah i gruntah.** URL: <http://nortest.pro/stati/pochva/opredelenie-nefteproductov.html>. (дата обращения: 13.04.2019).
8. **Gavrilenco V.F., Zhigalova T.V.** Bol'shoj praktikum po fotosintezu. – М.: Akademiya, 2003. – 254 s.
9. **Dymova O.V., Golovko T.K.** Sostoyanie pigmentnogo apparata rastenij zhivuchki polzuchej v svyazi s adaptaciej k svetovym usloviyam proizrastaniya // Fiziologiya rastenij. – 2007. – Т. 54. – № 1.
10. **Kuznecov V.V., Dmitrieva G.A.** Fiziologiya rastenij. – М.: Vysshaya shkola, 2005. – 736 s.
11. **Chirkova T.V.** Fiziologicheskie osnovy ustojchivojsti rastenij: ucheb. posobie. – SPb: Izd-vo SPbGU, 2002. – S. 58–68.
12. **Shamraev A.V., Shorina T.S.** Vliyanie nefiti i nefteproduktov na razlichnye komponenty okruzhayushchej sredy // Vestnik OGU. – 2009. – №6. – S. 642.

УДК 631.86:631.445.24(470.23)

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12046

Доктор с.-х. наук **Л.А. ТРУСОВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, trusova48@list.ru)
Аспирант **И.Ю. АЛФЁРОВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, i_rishcream@list.ru)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЧЕСКОЙ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

На сегодняшний день экономика России подвержена внешним и внутренним влияниям, которые ведут к нестабильной ситуации в стране. В настоящее время происходит расширение западных санкций, тем самым сокращается импорт продукции из-за рубежа.

Для обеспечения продовольственной безопасности страны необходимо развитие отечественного производства сырья и продовольствия, составление стратегических запасов безопасных продуктов питания. Данная задача может быть решена путем достижения высоких урожаев качественной сельскохозяйственной продукции.

С 90-х г. XX века заметно сократилась продуктивность отечественного земледелия. Насыщенность 1 гектара пашни органическими удобрениями снизилась в 8-10 раз, что привело к необходимости изучения наиболее рациональных путей использования органических отходов различных производств. Сейчас внесение органических удобрений составляет порядка 1,4 т/га [1].

На сегодняшний день по регионам выросло количество птицефабрик. Мясо куры, цыпленка - бройлера является более «быстрым» и дешёвым продуктом, чем, например, мясо КРС. От одной средней мощности птицефабрики (400 тыс. кур-несушек или 6 млн. цыплят-бройлеров) ежегодно помёта поступает в хранилище свыше 40 тыс. тонн. Только в Ленинградской области, где в хозяйствах «Птицепрома» находится 11 млн. птиц, ежегодно образуется до 700 тысяч тонн помёта [2].

Большие объёмы такого вида органического отхода накапливаются вблизи птицефабрик, а места их хранения, часто несанкционированные, превращаются в потенциально опасные источники загрязнения окружающей среды (эвтрофикация водоемов) и резервации для распространения возбудителей инфекционных заболеваний птицы [3].

Птичий помёт является ценным концентрированным и быстродействующим удобрением. Все виды помёта птиц при внесении их в эквивалентных с минеральными удобрениями дозах не уступают последним по действию, а под культурами, чувствительными к повышению концентрации почвенного раствора и положительно реагирующими на улучшение воздушного питания углекислотой, нередко превосходят минеральные удобрения [4].

Применение его в сельскохозяйственной практике поможет решить вопросы сырьевой базы удобрений, экологических аспектов хранения и утилизации помёта птиц, повышение плодородия почвы, и как следствие – урожайности сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – изучение влияния органической и органоминеральной системы удобрения на урожайность и качество кабачка сорта Цукеша и картофеля сорта Ред Скарлет.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводили в полевых условиях на дерново-подзолистой, хорошо окультуренной среднесуглинистой почве опытного поля Санкт-Петербургского аграрного университета. Опыт был заложен в мае 2017 года.

Климатические условия проведения опыта (температура и количество осадков) за вегетационный период в 2017-м и 2018 гг., а также средние показатели за 20 лет представлены на рис. 1 и 2.

Из приведенных данных следует, что вегетационный период 2017 года был более прохладный и близкий по увлажнению к среднестатистическим данным, кроме последней декады августа. Вегетационный период 2018 года отличался более высокими температурами и был более сухим.

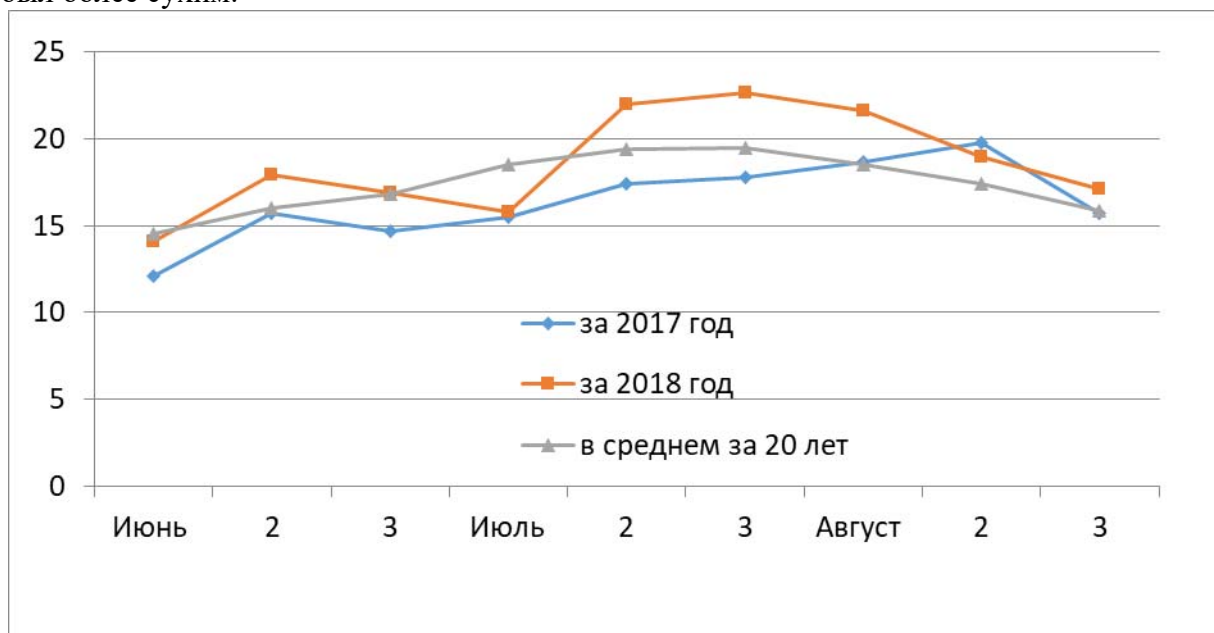


Рис. 1. Среднедекадная температура воздуха, °С

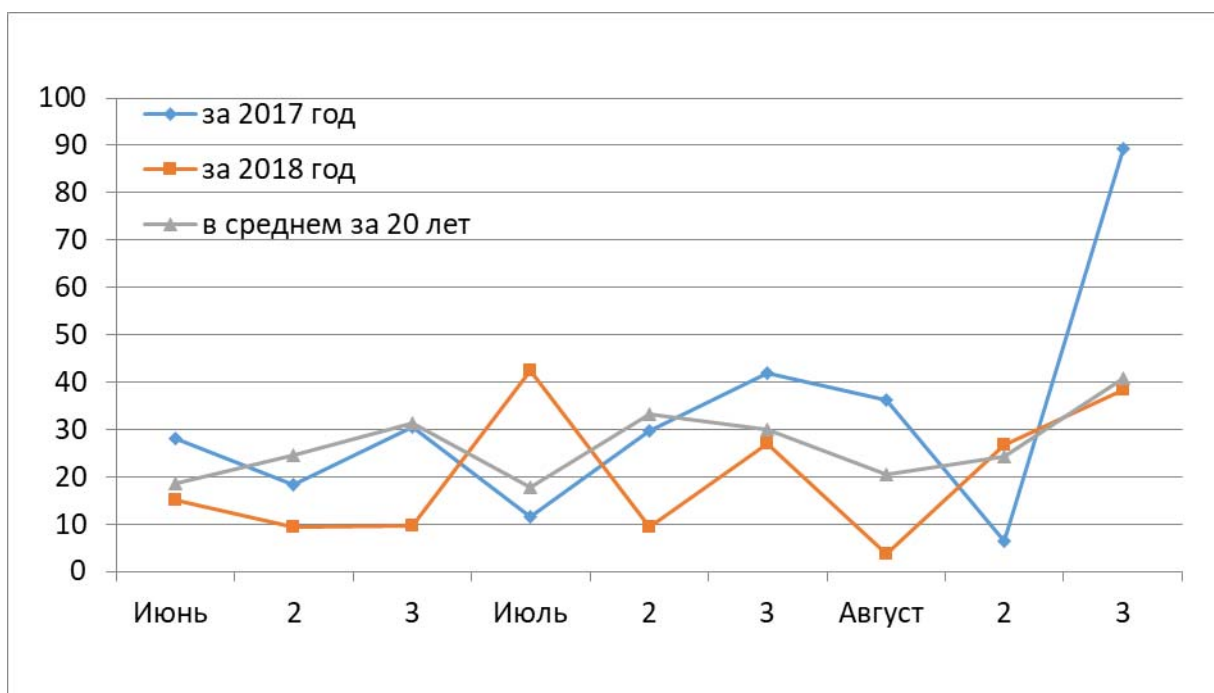


Рис. 2. Среднедекадное количество осадков, мм

Опыт был заложен в 4-кратной повторности, площадь делянки – 5 м².

Схема опыта состояла из 6 вариантов:

1. Контроль (без удобрений); 2. N₇₀ P₆₀ K₁₂₀ (фон); 3. Оргавит на основе куриного помета (2 т/га); 4. Оргавит на основе куриного помета (2 т/га) + фон; 5. Биозем (10 т/га); 6. Биозем (10 т/га) + фон.

Удобрения были внесены под весеннюю обработку почвы на глубину пахотного слоя. Оргавит на основе куриного помета вносили в дозе из расчета 2 т/га, биозем – 10 т/га. Из минеральных удобрений в опыте использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат и

хлористый калий. В варианте НРК применяли минеральные удобрения по рекомендациям из расчета $N_{70}P_{60}K_{120}$ на планируемую урожайность кабачка 80 – 100 т/га.

С марта 2011 года компания ООО «Микробиосинтез» выпускает сухие органические гранулированные удобрения под торговой маркой оргавит. Удобрение производится на основе сухого птичьего помёта, конского и коровьего навоза. Оргавит на основе куриного помета – это биологически активный, экологически безопасный продукт. Он используется для повышения плодородия почв, обеспечения растений элементами минерального питания. В своем составе содержит все необходимые для роста растений макро - и микроэлементы, разнообразные аминокислоты, витамины, фитогормоны и другие соединения. Гранулированная форма обеспечивает равномерность внесения его в почву, а также возможность локального применения. Высокотемпературная обработка надежно обезвреживает от возбудителей заболеваний и семян сорных растений. Удобрение отличается высоким содержанием органического вещества – 89,2%, близкой к нейтральной реакции среды $pH_{(КС)} - 6,5$ и высоким содержанием элементов питания: азот – 4,76%, фосфор – 2,63%, калий – 2,07% [5].

Биологический грунт «Биозём» изготавливается путем тщательного перемешивания и просеивания в определенных пропорциях торфа и высокоэффективного органического удобрения компоста многоцелевого назначения. Биозём используется с целью создания плодородного слоя почвы и повышения всхожести растений, а также в качестве компонента тепличных и садовых грунтов.

Действие удобрений изучали в 2017 г. на культуре кабачков сорта Цукеша. Сорт раннеспелый. Плоды цилиндрической формы, весят до 900 г. Средняя длина 35-40 см, диаметр – 12 см. Кожура тоненькая, гладкая, темно-зеленая в светло-салатную крапинку. Мякоть белого цвета. Сорт характеризуется хорошей лежкостью, высокой урожайностью (закрытый грунт – 12 кг/м², открытый грунт – 8 – 12 кг/м²).

Во второй год изучали последствие данных удобрений на культуре картофеля сорта Ред Скарлет. Столовый сорт, пригоден для получения ранней продукции товарного качества, механизированной уборки, мойки, упаковки, переработки. Растение среднерослое, лист среднего размера, темно-зеленый, венчик среднего размера, красно-фиолетовый. Максимальная урожайность – 27 т/га. Клубень овально-продолговатой формы с мелкими глазками, поверхность клубня почти гладкая, слегка шелушащаяся, красная, мякоть светло - желтая. Содержание крахмала – до 15,6%. Вкус хороший. Сорт устойчив к фитофторозу клубней, раку картофеля и золотистой нематоды.

Полученные результаты исследований статистически обработаны с помощью пакета программ AgCStat в виде надстройки М.О. Excel [6].

Результаты исследования. В данном исследовании изучали действие и последствие органической и органоминеральной системы удобрения на урожайность и качество кабачка в первый год исследования и картофеля во второй. Полученные результаты представлены в табл. 1–3.

В результате исследования выявлено положительное действие применяемых удобрений в повышении урожайности. Влияние органических удобрений проявилось по-разному. Урожай кабачка в контрольном варианте составил 45,9 т/га. Внесение биозема в дозе 10 т/га на исследуемой почве не оказало существенного влияния на урожайность, что связано с низким содержанием основных элементов питания в биоземе.

В то же время в варианте с использованием оргавита на основе куриного помета прирост урожайности составил 8,3 т/га. Внесение минеральных удобрений оказало существенную прибавку по сравнению с органическими удобрениями – 20,1 т/га по отношению к контролю. Это обусловлено более доступными формами азота, фосфора и калия для растений в минеральных удобрениях. Питательные элементы в органических удобрениях находятся в связанном состоянии с органическими соединениями, они менее мобильны, но, в свою очередь, обладают пролонгированным действием.

Максимальная урожайность была получена в вариантах совместного использования органических и минеральных удобрений: биозем+ фон 76,5 т/га и в варианте оргавит на основе куриного помета + фон – 83,5 т/га.

Таблица 1. Действие органических удобрений на урожайность кабачков (2017 год)

| Варианты опыта | | Урожайность кабачка, т/га | Прибавка | | | |
|-----------------------------|---|---------------------------|------------|----|--------|-----|
| | | | к контролю | | к фону | |
| | | | т/га | % | т/га | % |
| 1 | Контроль | 45,9 | 0 | 0 | -20,1 | -31 |
| 2 | НРК(фон по рекомендациям) | 66 | 20,1 | 44 | 0 | 0 |
| 3 | Оргавит на основе куриного помета | 54,2 | 8,3 | 18 | -11,8 | -18 |
| 4 | Оргавит на основе куриного помета + фон | 83,5 | 37,6 | 82 | 17,5 | 27 |
| 5 | Биозем | 47,2 | 1,3 | 3 | -18,8 | -28 |
| 6 | Биозем+ фон | 76,5 | 30,6 | 67 | 10,5 | 16 |
| НСР ₀₅ 2,64 т/га | | | | | | |

Таким образом, в проведенных исследованиях выявлено положительное влияние комплексного действия органоминеральной системы удобрений на продуктивность кабачка.

В полученной продукции определяли содержание нитратов (табл.2).

По всем вариантам проведенного опыта были получены допустимые показатели по содержанию нитратов в выращиваемой продукции, ПДК для кабачков составляет 400 мг/кг [7].

Таблица 2. Влияние удобрений на содержание нитратов в кабачках, мг/кг

| Варианты опыта | Содержание нитратов, мг/кг | Прибавка | | | |
|---|----------------------------|------------|-----|--------|-----|
| | | к контролю | | к фону | |
| | | мг/кг | % | мг/кг | % |
| Контроль | 107,8 | 0 | 0 | -118,7 | -52 |
| НРК(фон по рекомендациям) | 226,5 | 118,7 | 110 | 0 | 0 |
| Оргавит на основе куриного помета | 112,2 | 4,4 | 4,1 | -114,3 | -51 |
| Оргавит на основе куриного помета + фон | 241,2 | 133,4 | 124 | 14,7 | 6 |
| Биозем | 72,9 | -34,9 | -32 | -153,6 | -68 |
| Биозем + фон | 248,0 | 140,2 | 130 | 21,5 | 9 |
| НСР ₀₅ 16,16 мг/кг | | | | | |

Показатель содержания нитратов во всех вариантах не превысил ПДК. В контрольном варианте содержание нитратов составило 107,8 мг/кг продукции. Использование оргавита на основе куриного помета не оказало влияния на накопление нитратов, их содержание было на уровне контроля. При использовании биозема данный показатель снизился до 72,9 мг/кг. При использовании НРК содержание нитратов возросло более чем в 2 раза по отношению к контролю и составило 226,5 мг/кг. В вариантах совместного внесения минеральных удобрений с органическими выявлено максимальное содержание нитратов в продукции – 241,2 – 248 мг/кг. Таким образом, использование органических удобрений не оказало

существенного влияния на содержание нитратов в получаемой продукции, а в варианте с биоиземом даже уменьшилось по отношению к контролю.

На второй год исследования изучали последствие внесенных удобрений в 2017 году. В табл. 3 представлены данные по урожайности картофеля сорта Ред Скарлет.

Таблица 3. Последствие удобрений на урожайность картофеля (2018 год)

| Варианты опыта | | Урожайность картофеля, т/га | Прибавка | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|------------|----|--------|-----|
| | | | к контролю | | к фону | |
| | | | т/га | % | т/га | % |
| 1 | Контроль | 18,2 | 0 | 0 | -1,5 | -2 |
| 2 | НРК(фон по рекомендациям) | 19,7 | 1,5 | 2 | 0 | 0 |
| 3 | Оргавит на основе куриного помета | 21,6 | 3,4 | 5 | 1,9 | 3 |
| 4 | Оргавит на основе куриного помета + фон | 25,8 | 7,6 | 12 | 6,1 | 9 |
| 5 | Биоизем | 21,9 | 3,7 | 6 | 2,2 | 3,4 |
| 6 | Биоизем + фон | 22,6 | 4,4 | 7 | 2,9 | 5 |
| НСР ₀₅ 2,05 т/га | | | | | | |

Последствие удобрений проявилось следующим образом: при совместном использовании оргавита и минеральных удобрений прибавка в урожае составила 12%, в варианте биоизем + фон – 7% по отношению к контролю. Одностороннее влияние биоизема и оргавита на основе куриного помета проявилось примерно одинаково, прибавка урожайности не превысила 6%. В варианте с использованием минеральных удобрений прибавка урожая была в пределах точности опыта.

Температура за вегетационный период 2018 года была выше средних многолетних температур за весь период, за исключением первой декады июля. В этот же период количество осадков в 2 раза превысило значение среднемноголетнего уровня, все остальное время осадков выпадало крайне мало. Это могло повлиять на формирование клубней картофеля и, соответственно, на урожайность культуры.

Кроме того, в задачу исследований входило изучение влияния удобрений на качество картофеля. Данные по содержанию нитратов в клубнях картофеля представлены в табл. 4.

Таблица 4. Влияние удобрений на содержание нитратов в картофеле, мг/кг

| Варианты опыта | | Содержание нитратов, мг/кг | Прибавка к контролю | |
|------------------------------|---|----------------------------|---------------------|----|
| | | | мг/кг | % |
| 1 | Контроль | 43,0 | 0 | 0 |
| 2 | НРК(фон по рекомендациям) | 50,7 | 7,7 | 18 |
| 3 | Оргавит на основе куриного помета | 39,5 | -3,5 | -8 |
| 4 | Оргавит на основе куриного помета + фон | 52,3 | 9,3 | 22 |
| 5 | Биоизем | 41,0 | -2 | -5 |
| 6 | Биоизем + фон | 53,5 | 10,5 | 25 |
| НСР ₀₅ 2,57 мг/кг | | | | |

Минимальное количество нитратов выявлено в контрольном варианте, а также в варианте использования органических удобрений и составило – 39,5-43 мг/кг. Последствие минеральных удобрений и их совместное использование с органическими удобрениями

незначительно повлияло на содержание нитратов и составило 50,7-53,5 мг/кг продукции. Последствие удобрений не оказало существенного влияния на содержание нитратов в картофеле и оказалось меньше ПДК в 5 раз (ПДК картофеля 250 мг/кг [7]).

Выводы. В проведенном исследовании выявлена положительная роль действия оргавита на основе куриного помета на урожайность кабачков сорта Цукеша. Максимальная урожайность была достигнута в год действия удобрений при совместном внесении оргавита на основе куриного помета и минеральных удобрений. Полученная прибавка урожая составила 82% по отношению к контрольному варианту. Биозем совместно с минеральными удобрениями также дал существенную прибавку урожая 66,8%. При этом использовании минеральных удобрений, а также при совместном использовании минеральных удобрений и оргавита на основе куриного помета привело к наибольшему накоплению нитратов в плодах кабачков; содержание нитратов было в пределах ПДК.

В год последствия совместное внесение органических удобрений и минеральных удобрений дали максимальную прибавку урожая картофеля: оргавит на основе куриного помета 12%, биозем – 7% по отношению к контрольному варианту. Содержание нитратов в урожае было незначительным и варьировало от 39,5 до 53,5 мг/кг, что в 5 раз меньше показателя ПДК по картофелю.

Литература

1. Суринов А.Е. Российский статистический ежегодник. Стат. сб. / Росстат. – М., 2017. – 365 с.
2. Фисинин В.И., Архипченко И.А., Попова Э.В., Солнцева И.Э. Использование птичьего помета для получения микробных удобрений с полифункциональными свойствами // Агрохимия. – 2001. – № 9. – С. 32 – 34.
3. Назарюк В.М. Эколого-агрохимические и генетические проблемы регулируемых агроэкосистем. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 240 с.
4. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П. Агрохимия: учебник/ Под. ред. Б.А Ягодин. – М.: Мир, 2004. – 362 с.
5. Оргавит [Электронный ресурс]. – URL: <http://orgavit.ru> (дата обращения: 30.11.2018).
6. Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г. Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации.- М: Современные тетради, 2003. – С.559 –564.
7. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» № ТР ТС 021/2011. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420202916> (дата обращения: 05.04.2019).

Literatura

1. Surinov A.E. Rossijskij statisticheskiy ezhegodnik. Stat. sb. / Rosstat. – M., 2017. – 365 s.
2. Fisinin V.I., Arhipchenko I.A., Popova E.V., Solnceva I.E. Ispol'zovanie ptich'ego pometa dlya polucheniya mikrobnyh udobrenij s polifunkcional'nymi svojstvami // Agrohimiya. – 2001. – № 9. – S. 32 – 34.
3. Nazaryuk V.M. Ekologo-agrohimicheskie i geneticheskie problemy reguliruemyh agroekosistem. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. -240 s.
4. YAgodin B.A., Zhukov YU.P. Agrohimiya: uchebnik/ Pod. red. B.A YAgodin. – M.: Mir, 2004.-362 s.
5. Orgavit [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://orgavit.ru> (data obrashcheniya: 30.11.2018).
6. Gonchar-Zajkin P.P., Chertov V.G. Racional'noe prirodnopol'zovanie i sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo v yuzhnyh regionah Rossijskoj Federacii.- M: Sovremennye tetradi, 2003. – S.559 –564.
7. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoj produkcii» № TR TS 021/2011. [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420202916> (data obrashcheniya: 05.04.2019).

УДК 331.58(470.23)

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12052

Соискатель **А.Д. КИРСАНОВ**
(ФБГНУ АФИ, andrkkir88@gmail.com)
Доктор с.-х. наук **А.А. КОМАРОВ**
(ФБГНУ АФИ, Zelenydar@mail.ru)
Доктор с.-х. наук **П.А. СУХАНОВ**
(ФБГНУ АФИ, Pavel_Suhanov@mail.ru)

ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ ЛУЖСКОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящий период в условиях Ленинградской области сформирована региональная сеть, состоящая из 12 тестовых полигонов (ТП). Она охватывает основные агроклиматические, почвенные и агроландшафтные зоны области и предназначена для проведения комплексного агроэкологического мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения [1].

Цель исследования – мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения на тестовых полигонах для создания системы постоянных наблюдений за состоянием сельскохозяйственных угодий, плодородием почв, качеством и количеством производимой сельскохозяйственной продукции.

Материалы, методы и объекты исследования. Тестовый полигон расположен в лесной зоне Северо-Западной Европейской провинции Лужско-Псковского округа, в Лужском районе Ленинградской области, на землях ЗАО Племенной завод "Рапти". Участок полигона размещается в пределах полевого севооборота. Площадь полигона 25,8 га. Территория полигона расположена на равнинной местности. Координаты полигона: 58°41'–58°42' северной широты и 29°54'–29°55' восточной долготы.

Оцифрованные карты полигона получены с использованием различных технических и информационных ресурсов.

На территории полигона располагаются типичные для зоны дерново-слабоподзолистые легкосуглинистые почвы.

Во время полевого обследования установлено, что земли тестового полигона используются по назначению. При обследовании участка видимых признаков деградации земель, эрозии почв, источников загрязнения не обнаружено.

Мониторинговые исследования на тестовых полигонах проводились в соответствии с принятой методикой [2,3] и ранее представленными описаниями [3-5]. Анализ почвенных образцов осуществлялся в аккредитованной испытательной лаборатории АФИ согласно рекомендованным методикам [2]. Проведенные ранее исследования на этом тестовом полигоне представлены в предыдущей работе [5]. Ниже представлена динамика изменения основных параметров почвенного плодородия за последние 5 лет (с 2014 г. по 2018 г.). Однако, прежде чем приступить к анализу и оценке результатов исследований, следует акцентировать внимание на весьма важных аспектах агротехнологий, реализуемых в отрасли растениеводства характеризуемого хозяйства на протяжении последних 10–15 лет. В хозяйстве успешно освоены современные интенсивные технологии по выращиванию зерновых на зерно и зерносеуж (пшеница, ячмень, овес); по выращиванию кукурузы (зеленая масса на силос); картофеля. Все культуры выращиваются в системе севооборотов с применением научно обоснованной органо-минеральной системы удобрений. В хозяйстве систематически вносятся в почву органические удобрения на основе навоза крупного рогатого скота и куриного помета, проводится известкование почв, вносятся расчетные дозы минеральных удобрений под планируемую урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур. Осуществление комплекса перечисленных мероприятий обеспечивает получение устойчивой урожайности по всем культурам: зерна на уровне 5-6 тонн, картофеля – 30-35 тонн, зеленой массы кукурузы – 55-60 тонн с 1 гектара. Вся

получаемая растениеводческая продукция соответствовала действующим нормативам качества и безопасности.

Результаты исследования. Агрохимическое и агроэкологическое обследование тестового полигона позволило произвести оценку и дать прогноз изменений состояния почв.

За 5 лет мониторинговых исследований (с 2014-го по 2018 гг.) отмечено постепенное возрастание содержания органического вещества в почве полигона (рис.1). Варьирование показателей по элементарным участкам полигона значительно – от 4,37% (участок №2) до 5,5% (участок №1). Устойчивое возрастание содержания органического вещества в почвах полигона связано с внесением органических удобрений и накоплением пожнивных остатков при выращивании однолетних и многолетних трав. При сохранении тенденции применения органических удобрений прогноз изменения содержания органического вещества в почве можно описать полиномиальной функцией, при $R^2=0,99$. Необходимо учитывать, что условия накопления органического вещества в почве зависят от многих факторов и, вероятно, со временем будет наблюдаться «плато» накопления органического вещества в почве.

Органическое в-во, % $y = -0,0357x^2 + 0,4643x + 3,48$
 $R^2 = 0,99$

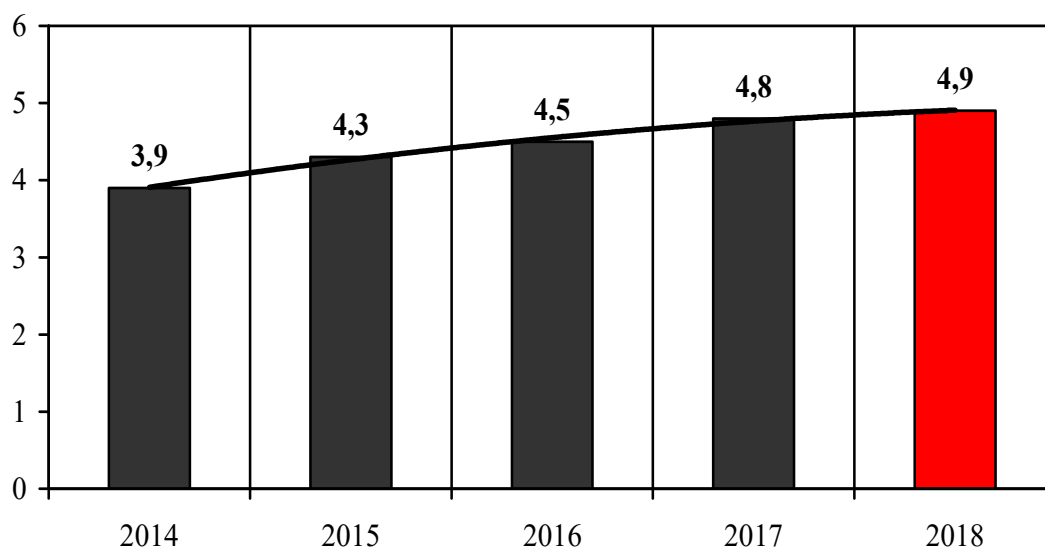


Рис.1. Динамика изменения органического вещества в пахотном горизонте почв

Кислотность (рН), ед.рН $y = 0,5101\ln(x) + 5,2316$
 $R^2 = 0,53$

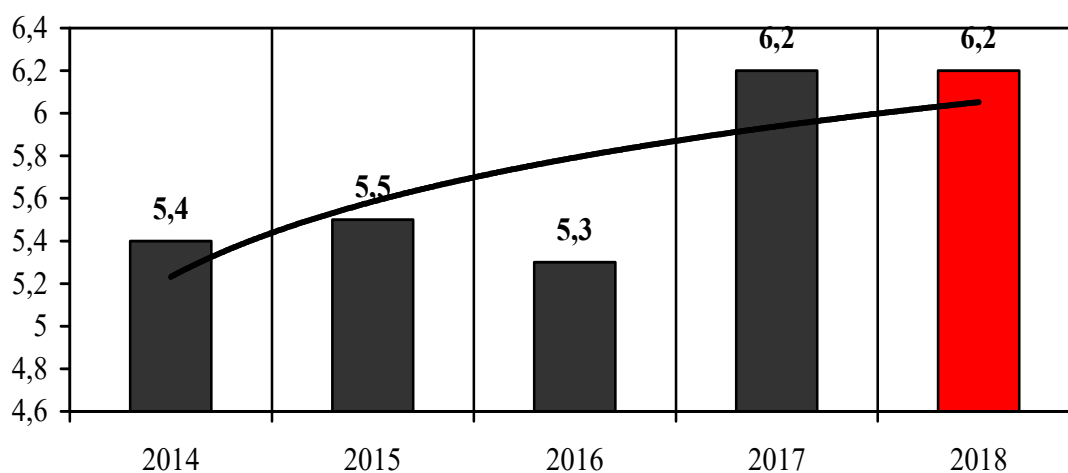


Рис. 2. Динамика изменения рН в пахотном горизонте почв

Показатели рН на тестовом полигоне за последние 2 года находятся на уровне градации «нейтральные» ($>6,0$ ед.рН), поэтому почвы полигона в настоящее время не требуют известкования (рис.2). Поддерживающее известкование проводилось в 2016–2017 гг., когда уровень кислотности повысился до рН 5,3. По элементарным участкам полигона варьирование показателей рН в пределах 6,0–6,3 ед. рН. Прогноз изменения рН в почве можно описать логарифмической функцией, при $R^2=0,53$.

Вместе с тем установлено, что гидролитическая кислотность в пахотном слое почв в 2018 г. находится на уровне 2,6 ммоль на 100 г почвы, что выше показателей предыдущего года (1,9 ммоль на 100 г почвы). То есть в почвах полигона все же наблюдается подкисление. Варьирование показателей по элементарным участкам полигона более значимо – от 2,16 ммоль на 100 г почвы (участок №3) до 3,19 (участок №2). Прогноз изменения гидролитической кислотности в почве можно описать функцией, при $R^2=0,76$.

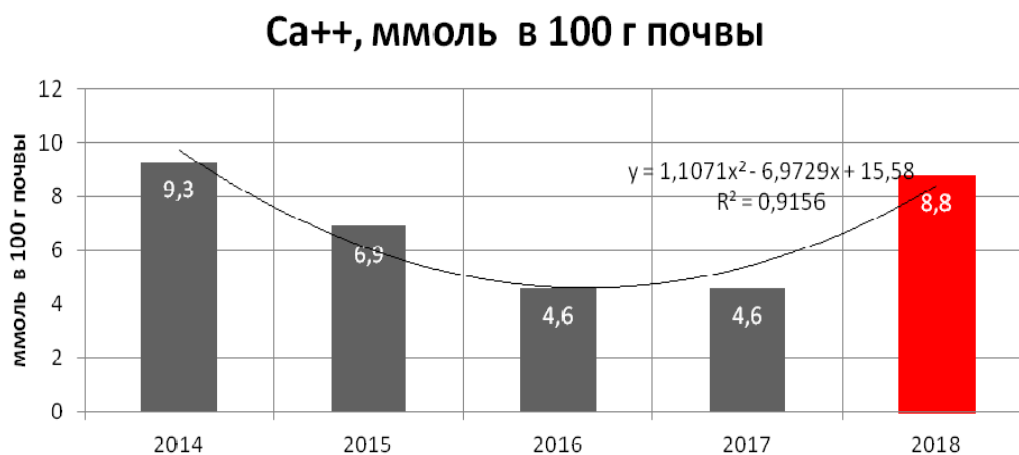


Рис. 3. Динамика содержания кальция в пахотном горизонте почв

Динамика содержания кальция в почве полигона имеет выраженный характер повышения после известкования до 8,8 ммоль на 100 г почвы в 2018 г. (рис.3). Варьирование показателей по элементарным участкам полигона в пределах 7,50 (участок №4) 9,88 (участок №2). Прогноз изменения содержания кальция в почве можно описать полиномиальной функцией, при $R^2=0,92$.

В то же время содержание магния в почве более вариабельно и его изменение более выражено по годам наблюдений. Так, содержание обменных форм магния изменялось следующим образом: в 2014 году – 3,8; в 2015 году – 1,1; в 2016 году – 3,2, в 2017 году всего 0,3; а в 2018 году составило 1,4 ммоль на 100 г почв. Таким образом, наблюдались значительные перепады по содержанию магния, что указывает на существенные изменения состава почвенно-поглощающего комплекса по годам наблюдений. Варьирование показателей по элементарным участкам полигона на уровне 1,1-2,38 ммоль на 100 г почвы.

С 2016 года по 2017-2018 гг. отмечено увеличение содержания нитратов в почве – до 23,1 мг/кг в 2018 г. против 10,7 мг/кг за 2017 г. (рис.4). Возрастание содержания нитратного азота в почве может быть связано с интенсификацией процессов нитрификации. Последнее связано с активацией микробиологических процессов в почве, что наблюдается при нейтрализации кислотности и при повышении (оптимизации) температуры воздуха и почвы в отсутствие промывного режима, например, сезона 2018 г. Варьирование показателей по элементарным участкам полигона наблюдается в пределах 20–29,4 мг/кг. Прогноз изменения содержания нитратов в почве можно описать полиномиальной функцией, при $R^2=0,97$.

Аналогично изменению содержания нитратов в почве по годам наблюдений изменяется и содержание аммонийного азота. После проведенного известкования содержание в почве полигона аммонийного азота также имеет тенденцию к возрастанию – до 12,1-11,6 мг/кг в 2018-2017 гг. против 4,9-7,3 мг/кг в 2015-2016 гг. Варьирование показателей

содержания аммонийного азота по элементарным участкам полигона находится в пределах 9,91-15,7 мг/кг. Прогноз изменения содержания аммонийного азота в почве можно описать полиномиальной функцией, при $R^2=0,68$.

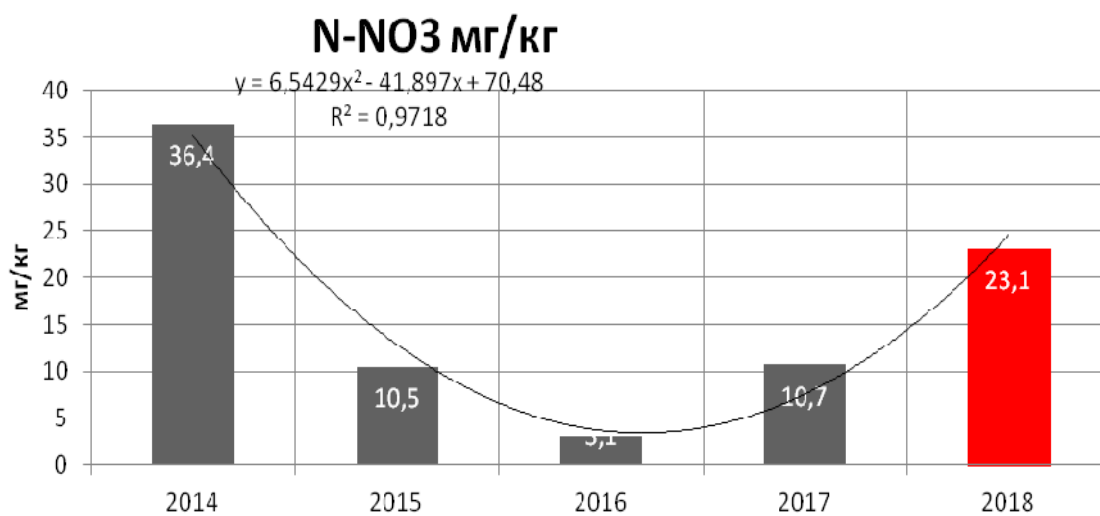


Рис.4. Динамика содержания нитратов в пахотном горизонте почв

В целом уровень содержания минеральных форм азота в почве полигона зависит как от количества вносимых удобрений, так от гидро-термических условий вегетационных сезонов, определяющих интенсификацию процессов трансформации органического вещества, процессов нитрификации и аммонификации.

Содержание подвижного фосфора в почвах полигона очень высокое и имеет тренд возрастания с 615-700 мг/кг в 2015-2016 гг. до 1024-979 мг/кг в 2017-2018 гг. (рис.5). Однако по отдельным элементарным участкам полигона заметно варьирование показателей – от 778 мг/кг (участок №3) до 1114 мг/кг (участок №1). Зафосфаченность почв полигона может иметь негативные последствия, связанные с возможностью миграции этого элемента в поверхностные и грунтовые воды, что вызывает эвтрофикацию водоемов.

Прогноз изменения содержания фосфора в почве можно описать полиномиальной функцией, при $R^2=0,96$.

Содержание P₂₀₅, мг/кг

$$y = -49,667x^3 + 477,93x^2 - 1272,4x + 1610$$

$$R^2 = 0,96$$

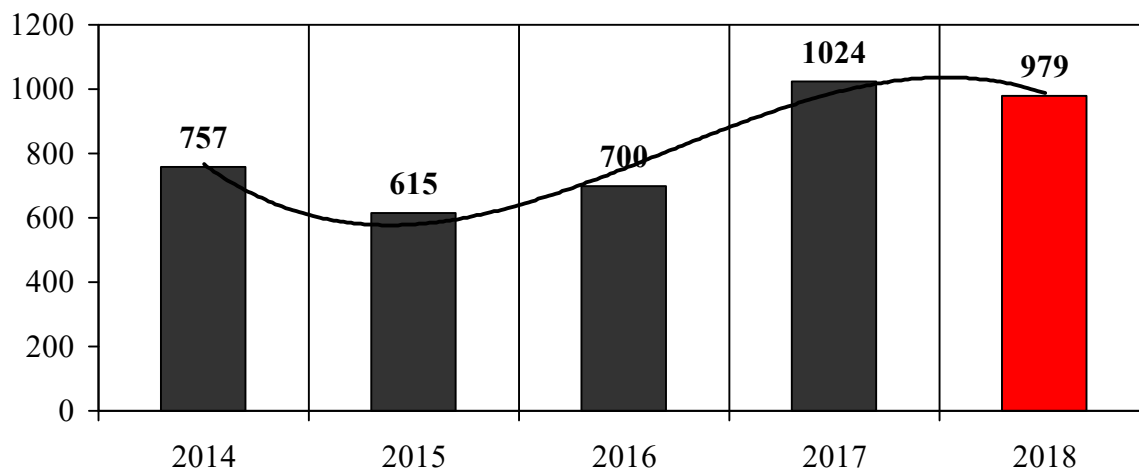


Рис.5. Динамика содержания фосфора в пахотном горизонте почв

Содержание обменного калия в почвах полигона в 2018 году находилось на очень высоком уровне (304 мг/кг), что определялось использованием удобрений и интенсификацией минерализации в благоприятных агроклиматических условиях сезона в 2018 году. Варьирование показателей K_2O по элементарным участкам полигона составило в пределах от 283 мг/кг (участок №2) до 325 мг/кг (участок №3). Прогноз изменения содержания калия в почве можно описать вышеприведенной функцией, при $R^2=1$.

Выводы. Приведенные результаты исследований плодородия почв на тестовом полигоне позволяют заключить, что в хозяйстве благодаря систематическому применению органических и минеральных удобрений, освоенным севооборотам сформирован очень высокий уровень плодородия почв по всем основным агрохимическим параметрам для пахотного горизонта. Достигнутый уровень плодородия почв позволил широко внедрить интенсивные технологии выращивания весьма требовательных к почвенному плодородию видов и сортов сельскохозяйственных культур.

Изученные агрохимические показатели плодородия почв в последние годы имеют в основном устойчивый положительный тренд.

Однако следует отметить, что даже на высоком уровне основных показателей плодородия существует пространственная неоднородность по значениям отдельных показателей (содержанию фосфора и калия, минеральных форм азота). Это может быть следствием двух факторов: сохраняющегося микрорельефа на поверхности полей, а также возможными «огрехами» при внесении удобрений.

Проведение работ по агроэкологическому мониторингу позволяет обеспечить получение объективной и систематизированной информации о состоянии плодородия и экологии почв земель сельскохозяйственного назначения. Это, в свою очередь, позволит более точно оценивать эффективность использования бюджетных средств на поддержание плодородия, а также планировать виды и объемы агрохимических и других мероприятий с наименьшими затратами труда и бюджетных средств.

На основании проведенных работ даны следующие рекомендации:

– учитывая пестроту почвенного плодородия на разных элементарных участках полигона, использовать дифференцированное внесение удобрений и других средств химизации в системе точного земледелия;

– сохранить и в дальнейшем рациональное применение всех используемых агроприемов, направленных на регулирование основных режимов в почвах, непосредственно определяющих их плодородие, обеспечивающих получение качественной с.-х. продукции, функциональную устойчивость агроэкосистем, сохранение агроландшафтов и дальнейшее повышение эффективности использования земель сельскохозяйственных угодий;

– в целях внедрения экологически безопасных технологических приемов в земледелии оптимизировать использование всех средств химизации в хозяйстве и систему обработки почвы;

– оптимизировать функциональную устойчивость агроэкосистем и сохранение агроландшафтов, рационализовав дозы применения органических удобрений и фосфора. Зафосфаченность почв полигона (местами более 1000 мг на кг почвы) может служить угрозой для накопления фосфатов в водах и загрязнения водоемов.

Литература

1. Комаров А.А., Суханов П.А. О мониторинге плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в условиях Ленинградской области //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. –2010. –№21. – С.11-17.
2. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М., 2003. –240 с.

3. **Державин Л.М., Фрид А.С.** Научно-методические принципы комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения //Агрохимия. – 2012. – №2. – С.3-11.
4. **Чекмарев П.А., Лукин С.В.** Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземной области России //Агрохимия. – 2013. – №4. – С.11-22.
5. **Суханов П.А., Комаров А.А., Ковтюх С.Н.** Агроэкологический мониторинг плодородия почв на тестовом полигоне ЗАО ПЗ «Рапти» Лужского района Ленинградской области //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2012. – №27. – С.90-95.

Literatura

1. **Komarov A.A., Suhanov P.A.** O monitoringe plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya v usloviyah Leningradskoj oblasti //Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. –2010. –№21. – S.11-17.
2. **Metodicheskie ukazaniya** po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya. – M., 2003. –240 s.
3. **Derzhavin L.M., Frid A.S.** Nauchno-metodicheskie principy kompleksnogo monitoringa plodorodiya zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya //Agrohimiya. – 2012. – №2. – S.3-11.
4. **Shekmarev P.A., Lukin S.V.** Monitoring plodorodiya pahotnyh pochv Central'no-Chernozemnoj oblasti Rossii //Agrohimiya. – 2013. – №4. – S.11-22.
5. **Suhanov P.A., Komarov A.A., Kovtyuh S.N.** Agroekologicheskij monitoring plodorodiya pochv na testovom poligone ZAO PZ «Rapti» Luzhskogo rajona Leningradskoj oblasti //Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – №27. – S.90-95.

УДК 633.8

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12057

Канд. техн. наук **П.Е. БАЛАНОВ**
(Университет ИТМО, balanov@yandex.ru)
Канд. техн. наук **И.В. СМОТРАЕВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, irinasmotraeva@yandex.ru)
Аспирант **М.С. АБДУЛЛАЕВА**
(Университет ИТМО, m.s.abdullaeva@mail.ru)

РОССИЙСКОЕ ДИКОРАСТУЩЕЕ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СЫРЬЕ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ РЕСВЕРАТРОЛА

Производство продуктов питания – это очень динамично развивающаяся индустрия. Современная концепция питания предполагает значимое потребление продуктов, которые не только обеспечивают потребителя питательными веществами, но и приносят пользу для здоровья.

Концепция лечебного, специализированного и профилактического питания не нова. Многие традиционные для населения продукты питания обладают дополнительными полезными свойствами. Например, кисломолочные продукты часто содержат живые микробиологические культуры, некоторые виды хлеба содержат повышенное количество пищевых волокон и т.д.

При этом следует отметить, что текущее состояние науки о питании, пищевой промышленности и агропромышленного комплекса, позволяет говорить о том, что обогащение повседневной еды различными функциональными ингредиентами целесообразно и вполне реализуемо.

В частности, новые знания о структуре и свойствах различных биологически активных компонентов позволяют моделировать продукты питания с заданными полезными качествами.

Кроме доказанной пользы, остается важным вопрос рациональной технологической воплотимости идей и приемлемые для потребителя органолептические свойства. В этом смысле роль современного инженера-технолога пищевой промышленности гораздо шире, чем просто построение производственного цикла. Важно учитывать маркетинговые, экономические, медицинские, функциональные реалии при производстве продуктов питания.

Среди всего богатого спектра функциональных ингредиентов многие исследователи, так же как и авторы этой работы, традиционно фокусируются на трех группах:

1. Биологические полимеры: хитозан, пектин, инулин [1, 2].
2. Вещества полифенольной природы [5].
3. Ценные отходы пищевых производств [3,4].

В данной работе будут представлены исследования второй группы.

Цель исследования – получить и проанализировать экспериментальные данные по определению окислительно-восстановительного потенциала в экстракте из дикорастущего горца сахалинского *Reynoutria sachalinensis*.

Полифенолы в растительном мире встречаются очень часто, и их биологическая функция у растений бывает различной: от придания окраски плодам (антоцианы) до противомикробного действия (фитоалексины).

В последние годы широкий исследовательский интерес вызывает вещество полифенольной природы – ресвератрол. Это соединение содержится в растениях и обладает выраженным антибиотическим действием. Является нативным антибиотиком для флоры и позволяет противостоять различной микрофлоре и паразитам. На текущий момент считается обоснованным его положительное воздействие на здоровье человека по нескольким направлениям:

1. Антиоксидантная активность.
2. Онкопротекторное действие.
3. Увеличение продолжительности жизни.

Содержание этого компонента в растениях бывает очень разным. Повышенное количество, интересное для потенциальной промышленной переработки, наблюдается в кожце винограда, в орехах, в горце сахалинском. Вещество, со схожим строением (птеростильбен) содержится в ягодах черники. Есть все основания полагать, что значимое количество ресвератрола может содержаться и в других представителях растительного мира.

Отечественное производство препаратов из ресвератрола базируется на импортной сырьевой базе. Чаще всего это страны юго-восточной Азии, в частности Китай. При этом нетрудно заметить, что перечисленные растения хорошо произрастают в Российской Федерации и есть смысл использовать отечественную сырьевую базу для независимости от любых внешних факторов. Кроме того, разумно предположить, что при должном технологическом воплощении, подобное сырье и продукты из него будут дешевле, так как снизятся расходы на транспортировку, таможенные пошлины и т.д.

Для авторов очевидно, что быстро такие технологические цепочки не создаются, однако долгосрочный эффект от интеллектуальных и промышленных инвестиций оправдывает этот длительный путь.

Стратегически задачу можно представить следующим образом:

1. Доказательные исследования объективной пользы ресвератрола.
2. Подбор подходящей российской сырьевой базы для выделения этого вещества.
3. Разработка технологии выделения и концентрирования конечного продукта.
4. Разработка технологии обогащения продуктов питания ресвератролом с обязательным сохранением его функциональных свойств.

В текущей работе представлены наработки по первым двум этапам.

Материалы, методы и объекты исследования. Для исследования антиоксидантных свойств ресвератрола на данном этапе использовался импортный экстракт из горца сахалинского, произведенный в КНР.

В качестве объектов сравнения использовались растительные экстракты аналогичной концентрации из зеленого чая, черного чая, виноградных антоцианов, падубника парагвайского (мате).

Окислительно-восстановительный потенциал исследуемых образцов измерялся потенциометрическим способом электродами, которые готовятся по ГОСТ Р 8.702-2010 [6].

Сущность метода заключается в измерении электрического потенциала системы, возникающего при окислительно-восстановительных реакциях.

Также отслеживалась динамика изменения окислительно-восстановительного потенциала с помощью таймера.

Результаты исследования. Для сравнительного анализа ресвератрола из горца сахалинского и других образцов, хорошо зарекомендовавших себя с антиокислительной точки зрения, были приготовлены следующие растворы:

1. Экстракт горца сахалинского 0,1%.
2. Экстракт зеленого чая 0,1%.
3. Экстракт черного чая 0,1%.
4. Экстракт антоцианов из винограда 0,1%.
5. Экстракт падубника парагвайского (мате) 0,1%.

Для установления сохранности антиоксидантных свойств всех перечисленных образцов они после измерения были помещены в условия без доступа кислорода и с низкой температурой 2°C. По истечении 24 часов был сделан замер окислительно-восстановительного потенциала.

Результаты измерения представлены на рис. 1.

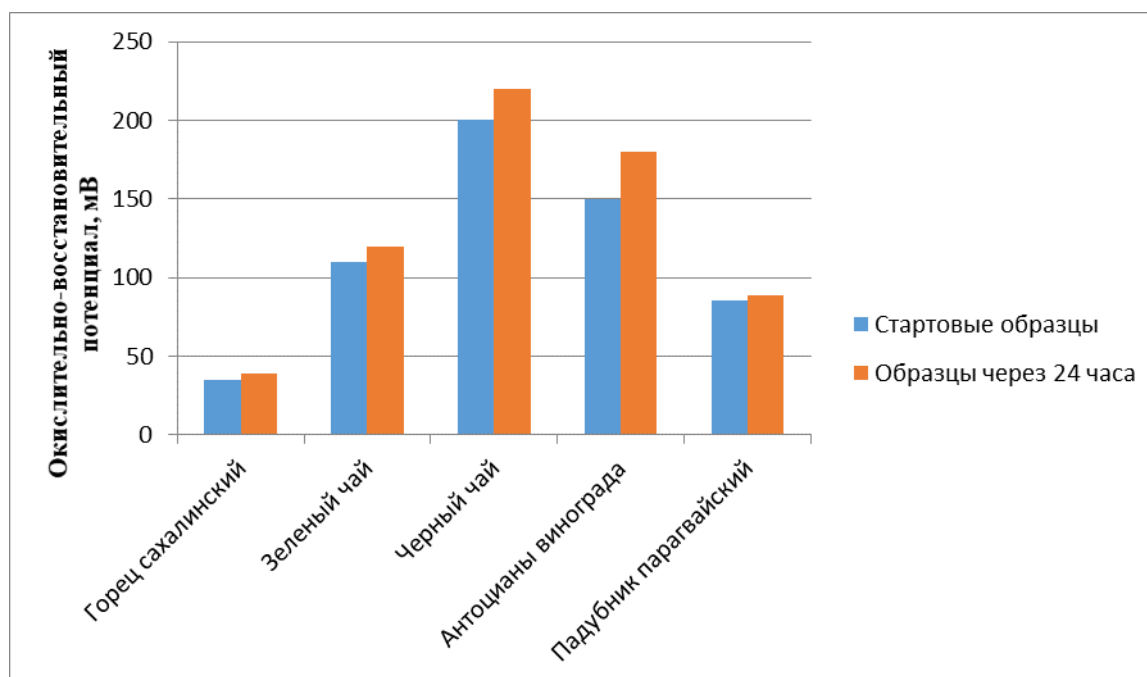


Рис. 1. Окислительно-восстановительный потенциал образцов растительного сырья

Из полученных данных видно, что окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) экстракта из горца сахалинского, богатого ресвератролом, наиболее низкий, что говорит о наиболее выразительном антиокислительном действии. Увеличение ОВП спустя сутки у образцов составило от 4 до 11%, что говорит о влиянии фактора хранения на функциональные свойства этих продуктов.

Следует учесть, что более высокие показатели остальных образцов не говорят об их меньшей биологической ценности. Зачастую функциональные свойства продукта тесно связаны с рабочей концентрацией компонента в продукте. Полученные данные показывают, что интересующая нас активность ресвератрола хорошо соотносится со сведениями о повышенной активности этого компонента в сравнении с одинаковыми концентрациями других образцов.

Отмеченное изменение окислительно-восстановительного потенциала ресвератрола позволило предположить существенную его зависимость от длительности хранения, температуры окружающей среды и контакта с кислородом воздуха. При потенциальном применении этого вещества в пищевой промышленности данные факторы могут оказаться решающими для технологии переработки и хранения.

Было принято решение отследить эту динамику в узком диапазоне концентраций. Для этого приготовили рабочие растворы ресвератрола следующих концентраций:

1. 0,1%.
2. 0,05%.
3. 0,025%.
4. Контрольное измерение дистиллированной воды.

Температура измерения составляла 25°C, шаг измерения – 15 мин. Для усиленного контакта с кислородом воздуха среда интенсивно перемешивалась.

Результаты измерения представлены на рис. 2.

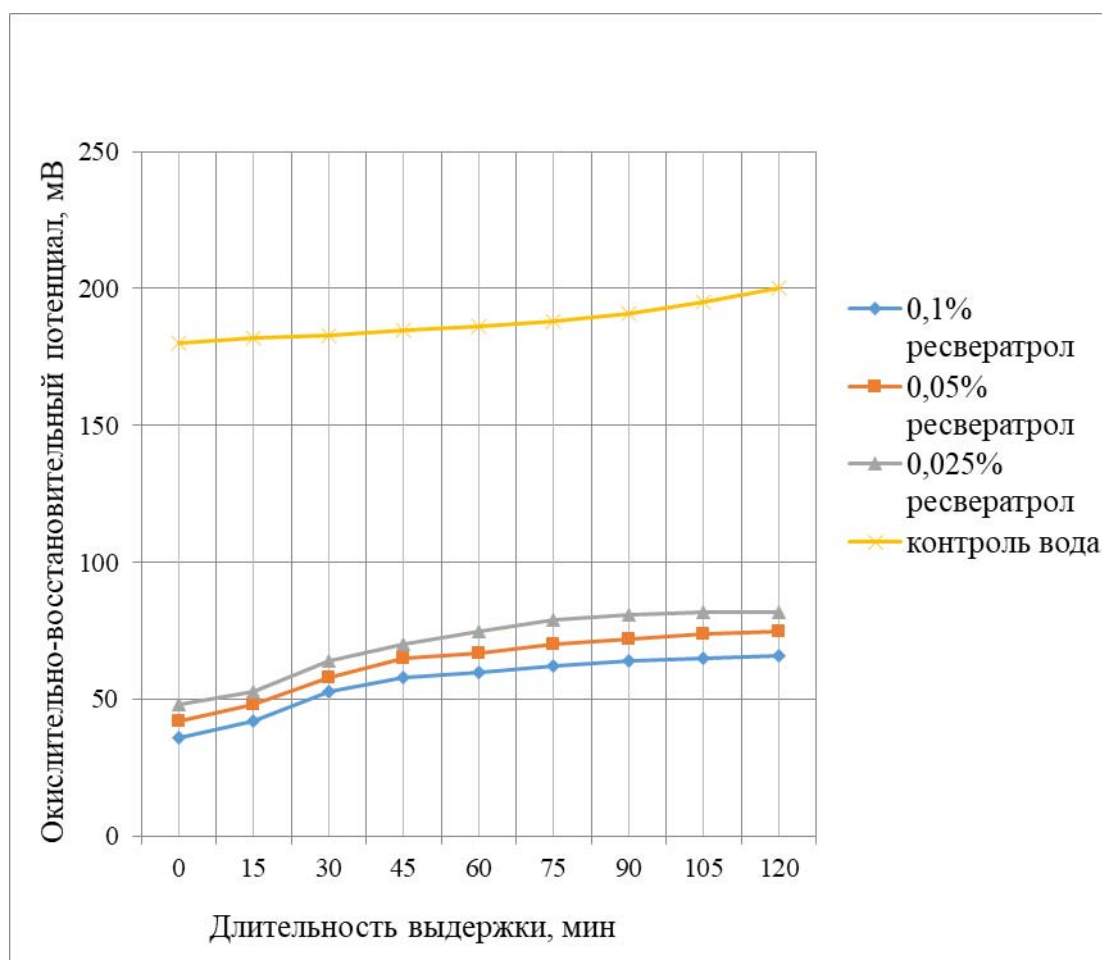


Рис. 2. Кинетика изменения ОВП при различной длительности выдержки

Исходя из полученных данных видно, что окислительно-восстановительный потенциал образцов увеличивается со временем. Это может быть связано с высокой реакционной способностью ресвератрола при контакте с кислородом воздуха.

Кинетика полученных результатов говорит о достаточно интенсивном наборе значения ОВП в первые 60 мин. контакта, затем интенсивность увеличения замедляется. К истечению 120 мин. прирост показателя становится не очень значительным. Это говорит о том, что у ресвератрола есть некий реакционный порог падения активности, связанный с химической природой этого компонента, выработав который активность замедляется.

Этот факт обязательно следует учитывать при разработке технологий с использованием этого компонента. Например, если это напиток, то рекомендовать хранить его в плотно закупоренной таре и прохладном помещении.

Выводы. В результате проведенных исследований было установлено:

1. Ресвератрол, содержащийся в экстракте из горца сахалинского, обладает высокой антиоксидантной активностью, он превосходит многие традиционные пищевые продукты из растительного сырья.
2. При разработке технологии различных пищевых продуктов целесообразно учитывать факт повышенной реакционной способности ресвератрола.
3. В Российской Федерации имеется существенная сырьевая база для выделения ресвератрола.
4. Целесообразно планомерно проводить исследования в области свойств ресвератрола для увеличения знаний о его технологических свойствах.
5. Конечным продуктом из какого-либо растительного сырья может стать экстракт или концентрат, обогащенный ресвератролом. Такая форма позволит достаточно легко вводить его в рецептуры различных продуктов.

Литература

1. **Баланов П.Е., Смотраева И.В., Иванченко О.Б., Хабибуллин Р.Э.** Ресурсосберегающие технологии при производстве пектина // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 24. – С. 138-141.
2. **Мещанинец Н.И., Захарченко В.И.** Пребиотики: инулин и олигофруктоза // Альманах мировой науки. – 2016. – № 4-1 (7). – С. 35-36.
3. **Баланов П.Е., Смотраева И.В., Иванченко О.Б., Хабибуллин Р.Э.** Биоконверсия яблочных выжимок на пищевых предприятиях // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 24. – С. 133-136.
4. **Фабричнова Т.А., Кулешова Е.С.** Перспектива использования солодовых ростков в технологии хлебобулочных изделий // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – 2016. – № 2 (7). – С. 94-97.
5. **Наволокин Н.А., Полуконова Н.В., Маслякова Г.Н. и др.** Противоопухолевая активность растительных экстрактов, содержащих биофлавоноиды // Российский биотерапевтический журнал. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 59-59а.
6. **ГОСТ Р 8.702-2010** Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Электроды для определения окислительно-восстановительного потенциала. Методика поверки.

Literatura

1. **Balanov P.E., Smotraeva I.V., Ivanchenko O.B., Habibullin R.E.** Resursosberegayushchie tekhnologii pri proizvodstve pektina // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2016. – Т. 19. – № 24. – С. 138-141.
2. **Meshchaninec N.I., Zaharchenko V.I.** Prebiotiki: inulin i oligofruktoza // Al'manah mirovoj nauki. – 2016. – № 4-1 (7). – С. 35-36.
3. **Balanov P.E., Smotraeva I.V., Ivanchenko O.B., Habibullin R.E.** Biokonversiya yablochnyh vyzhimok na pishchevyh predpriyatiyah // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. – Т. 20. – № 24. – С. 133-136.

4. **Fabrichnova T.A., Kuleshova E.S.** Perspektiva ispol'zovaniya solodovyh rostkov v tekhnologii hlebobulochnyh izdelij // Setevoy nauchnyj zhurnal OrelGAU. – 2016. – № 2 (7). – S. 94-97.
5. **Navolokin N.A., Polukonova N.V., Maslyakova G.N. i dr.** Protivoopuholevaya aktivnost' rastitel'nyh ekstraktov, sodержashchih bioflavonoidy // Rossijskij bioterapevticheskij zhurnal. – 2013. – T. 12. – № 2. – S. 59-59a.
6. **GOST R 8.702-2010** Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij (GSI). Elektrody dlya opredeleniya okislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala. Metodika poverki.

УДК 636.2.636.082.2

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12063

Канд. биол. наук **В.С. МАТЮКОВ**
(ИСХ Коми НЦ УрО РАН, nipti38@mail.ru)Канд. с.-х. наук **Я.А. ЖАРИКОВ**
(ВНЭБС - филиал ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
zharikov.yakov@yandex.ru)Нач. отдела **Д.В. ЛОБОВ**
(Отдел животноводства, аквакультуры и племенной
работы Минсельхоза Республики Коми,
d.v.lobov@minshp.rkomi.ru)**СОХРАНИТЬ ХОЛМОГОРСКУЮ ПОРОДУ – ОСНОВУ
ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА СЕВЕРЕ***

Основой ведения органического животноводства и производства экологически чистых, биологически полноценных продуктов питания является создание для животных условий, соответствующих их биологическим требованиям. Главными признаками при выборе пород считаются устойчивость к заболеваниям, приспособленность к условиям окружающей среды и способность осваивать местные кормовые ресурсы. Поэтому предпочтение, как правило, отдается местным породам.

Парадоксально, но в России на протяжении многих веков заводчики скота и крупные землевладельцы ценили импортный скот выше отечественного. Хотя императорский двор и знать предпочитали потреблять молоко и молочные продукты не от заморских, а от своих холмогорских и ярославских коров. Не случайно поэтому из Холмогор от Беломорья, из Ярославской губернии по нескольку раз в год «походом» гнали в Петербург и Москву на придворные фермы гурты стельных коров [1]. Это, однако, не помешало известному стороннику использования импортных пород для улучшения местных академику А.Ф. Миддендорфу считать, что в России собственных пород нет, а такие породы крупного рогатого скота, как ярославская, холмогорская, бестужевская и прочие, беспородные помеси самых запутанных смешений [цит. по 1]. Уже в наше время в полном согласии с этими воззрениями идёт «совершенствование» отечественных пород, в том числе одной из старейших молочных пород России — холмогорской [3,4,5,6,7,8,9]. В результате современная холмогорская порода превратилась в массив в разной степени голштинизированного скота, с продолжающимся поглотительным скрещиванием с голштинской породой. Оставшиеся разрозненные вкрапления чистопородного поголовья холмогорского скота утратили способность к собственному племенному воспроизводству. По мнению большинства российских администраторов от сельского хозяйства, предпринимателей и специалистов-аграрников, по молочной продуктивности и по пригодности к промышленной технологии холмогорская порода не выдерживает конкуренции с зарубежными коммерческими породами. К голосам тех, кто говорит о том, что в нестабильных, суровых и разнообразных природно-климатических и хозяйственных условиях нашей страны разведение и использование местных адаптированных генофондов биологически и экономически оправдано, мало кто прислушивается.

Одной из основных причин необходимости сохранения отечественных генофондов является возможность использования их с целью получения высокопродуктивных и приспособленных к различным условиям помесных животных для ведения органического сельского хозяйства и производства экологичной, биологически полноценной продукции без

существенного повышения финансовых и энергетических трат на кардинальное изменение технологий.

Общеизвестно, что успешная акклиматизация новой более продуктивной породы в другой природно-климатической зоне зависит в первую очередь от степени соответствия природных и хозяйственных условий района акклиматизации с условиями района традиционного её разведения [6,7,16]. Известно также, что при межпородном скрещивании приспособленность помесей мигрантов с местным скотом зависит от их кровности по той и другой родительским породам и эффектов взаимодействия генов в синтетических генотипах. При несоответствии условий обитания требованиям новых генотипов, их более высокая продуктивность по сравнению с аборигенами временно поддерживается за счёт использования резервов организма и в ущерб репродукции и жизнеспособности [4]. Поэтому генотипы помесей должны соответствовать конкретным природным и хозяйственным условиям, в которых они используются, а для регулирования кровности необходимо одновременно иметь племенной материал той и другой пород.

Цель настоящей работы заключается в обобщении многолетних исследований особенностей генофонда холмогорского скота, его селекционной ценности, инвентаризации оставшегося в хозяйствах республики Коми чистопородного и низкокровного по голштинской породе маточного поголовья и семени быков. Основная задача статьи состоит в формулировании и предложении мероприятий, направленных на сохранение, поддержание генетического разнообразия и воспроизводство исчезающего генофонда холмогорского скота в республике Коми.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проведено по архивным материалам, литературным данным и результатам собственных исследований групп крови, полиморфизма белков молока и обследования животных [1-7]. Статистическую обработку данных провели в программе Excel.

Результаты исследования. Исторически сложилось, что в северной и средней полосе Европейской части России разводили две группы местного скота: северный и среднерусский [10]. На Беломорском Севере в бассейне Северной Двины началу скотоводства положили переселенцы из Новгорода и с верховьев Волги. Переселенцы шли со своим скотом. Как след древней миграции, в пойме Северной Двины осталась северодвинская популяция крупного рогатого скота, вклинившаяся в ареал северного комолого скота [6]. С юго-востока она граничила с переходными каргопольским и вычегодским отродьями. С запада и востока соседствовала с олонецким и печорским отродьями северного скота [10]. Нижнедвинская популяция впоследствии получила название холмогорского скота.

Единого взгляда на происхождение холмогорского скота нет. Метисное происхождение холмогорского скота аргументируется тем, что среди аборигенного он выделялся высокой продуктивностью, экстерьером и размерами животных, завозом иностранного скота по указу Петра I в район Холмогорского скотоводства и государственной поддержкой его разведения. Тем не менее в пользу самобытности и высокой ценности холмогорского скота свидетельствует документально зафиксированный в 1568 году его вывоз в другие регионы России и за рубеж, т.е. за 200 лет до петровского завоза импортного скота! [11].

Завезённый на Север импортный скот плохо приживался, поскольку в основной массе экономически средних и слабых крестьянских хозяйствах ценность молочной коровы определялась в первую очередь качеством продукции, сохранением способности к воспроизводству и продуктивности при недостаточном, а зачастую скудном кормлении, здоровьем и долговечностью в условиях Севера – признаками, по которым импортный скот уступал местному [1, 2].

В начале XVIII века вывоз холмогорского скота за пределы первичного очага разведения принял массовый характер. Главным потребителем служил Петербург и его пригородные молочные фермы [1].

Если детали формирования холмогорской популяции крупного рогатого скота с середины XVI века более-менее подтверждены документально, то документированная история скотоводства Коми-края освещена гораздо скромнее и, по сути, начинается с архивных документов XVIII и первых обследований конца XIX века [12,13,14]. О более раннем периоде его существования можно судить по археологическим артефактам [10,12]. Известно, что на юге Коми-края разводили зырянское отродье, отнесённое к группе северного комолого скота, на севере – печорский скот, образовавшийся на стыке ареалов средне-русского и северного комолого скота, который имел генетические связи с обоими типами [11]. В ареале своего обитания и зырянское, и печорское отродья аборигенного скота разводились вплоть до 1930-х годов. С организацией в Коми АССР «сельхозов», подчинённых различным подразделениям ГУЛАГа, началась интенсивная экспансия холмогорского скота на территорию республики. В последующем, путём поглотительного скрещивания местного скота и закупки племенного молодняка, холмогорский скот распространился в хозяйства, подведомственные Министерству сельского хозяйства Коми АССР. Однако вплоть до 1950-х годов чистопородный аборигенный скот и его низкокровные помеси с холмогорской и ярославской породами преобладали в подавляющем большинстве товарных хозяйств, не подведомственных ГУЛАГу.

С централизацией племенного дела, расширением в 1960-е годы искусственного осеменения и партийно-правительственной установкой на повышение породности скота, к началу 1980-х годов судьба аборигенного северного скота, который считался беспородным и менее продуктивным, была решена. Он был полностью ассимилирован холмогорской породой. Хотя в качестве первичного селекционного материала многими своими качествами северный комолый скот представлял несомненную ценность. Кроме комолости, которая является желательным признаком при беспривязном содержании, он характеризовался более высокой жирномолочностью, вполне вероятно, повышенной пригодностью молока для маслоделия и сыроварения. С сожалением отметим, что ни учёными, ни администраторами от сельского хозяйства, ни специалистами хозяйств не был своевременно поставлен вопрос о необходимости сохранения хотя бы небольшого генофондного поголовья зырянского и печорского скота «в чистоте». Пример совершенно иного отношения к своим генетическим ресурсам демонстрирует соседняя с нами Финляндия. В этой небольшой по территории северной стране с не менее жесткими, чем у нас природно-климатическими условиями, сумели сохранить финский аборигенный северный комолый скот.

Спустя несколько десятков лет судьбу российского северного комолого скота может повторить и холмогорская порода, недавно занимавшая ареал от Кольского полуострова до Чукотки и Камчатки, а с севера на юг – от островов Северного Ледовитого океана до средней полосы европейской России и Сибири. В связи с этим отметим, что анализ данных бонитировки, опубликованных ВНИИПлем в «Ежегодниках по племенной работе в молочном скотоводстве», пяти разводимых в России молочных пород – холмогорской, голштинской, айрширской, черно-пёстрой и ярославской, показал, что, с одной стороны, по среднему удою и продукции молочного жира за последнюю законченную лактацию холмогорская порода уступила голштинской, айрширской и чёрно-пёстрой породам, а по возрасту первого отёла холмогорская и ярославская породы оказались самыми позднеспелыми. С другой стороны, холмогорская порода характеризовалась самым коротким сервис-периодом (102 дня), голштинская – самым продолжительным (146 дней).

Серьёзным преимуществом холмогорского скота по сравнению с голштинским является более продолжительный срок хозяйственного использования [3,4,5]. На севере это качество особенно актуально, поскольку выращивание ремонта обходится гораздо дороже, чем в регионах с более продолжительным пастбищным периодом и дешёвыми кормами.

По пожизненной молочной продуктивности за все полные лактации холмогорская порода оставила позади все породы. Кроме того, по результатам аттестации (ВНИИПлем) семени чистопородных холмогорских быков-производителей предприятия Коми по

племенной работе среди них не выявлены носители аномальных генов. Поэтому можно считать, что генофонд чистопородного холмогорского скота Республики Коми свободен от наиболее распространённых у голштинской породы наследственных заболеваний [7]. Генетические дефекты сопровождаются абортными, мертворождениями, различными уродствами, низкой воспроизводительной функцией у коров. Основная часть этих аномалий наследуется по рецессивному типу, то есть они представляют собой скрытый генетический груз популяций, способный к резкой динамике частот, и требуют постоянного тщательного контроля молекулярно-генетическими методами.

У холмогорской породы частота встречаемости селективно выгодного варианта каппа-казеина В, ответственного за повышенную белковомолочность и сыропригодность молока, значительно выше, чем у основных коммерческих молочных пород, и составляла 37% [8,9]. Частота встречаемости бета-казеина А2 превалирует над А1. Это различие оказалось важным с медицинской точки зрения, поскольку установлено, что в результате замены аминокислоты «пролина» в варианте А2 на гистидин в варианте А1 при переваривании последнего в желудочно-кишечном тракте младенцев образуется пептид бета-казоморфин (БКМ-7), обладающий опиоидным действием [6,8,9].

В условиях производства молока с невысоким обеспечением животных местными кормами среднего и низкого качества на малоконцентратных рационах, выпасом в летний период на естественных низкопродуктивных лесных пастбищах холмогорская порода остаётся непревзойдённой по экономичности производства экологичной, здоровой молочной продукции.

Таким образом, холмогорская порода далеко не исчерпала свои возможности. Уступая коммерческим породам по средней молочной продуктивности за лактацию, возрасту первого отёла и технологической пригодности вымени к автоматизированному доению, она имеет преимущество по следующим показателям:

- продолжительности хозяйственного использования;
- молочной продуктивности за сумму полных законченных лактаций;
- плодовитости;
- качеству продукции;
- адаптационным способностям к условиям Севера России;
- устойчивости к ряду заболеваний.

Более детально преимущества холмогорской породы опубликованы в нашей статье [9].

Независимо от целого ряда ценных качеств, статус холмогорской породы, определённый по суммарной численности чистопородного поголовья коров в хозяйствах Архангельской области и Республике Коми, по классификации ФАО приближается к «критическому».

На родине холмогорской породы – в хозяйствах Архангельской области поголовье чистопородного холмогорского скота составляет всего около 2% от численности подконтрольного поголовья. В других регионах традиционного его разведения (за исключением Республики Коми), чистопородного поголовья с известной родословной, по видимому, не осталось. Республика Коми – один из немногих регионов, которому пока удаётся сохранять банк глубокозамороженного семени и массив чистопородного и слабо голштинизированного холмогорского скота. Однако количество такого поголовья и семени с каждым годом быстро сокращается.

Анализ первичных данных автоматизированного зоотехнического и ветеринарного индивидуального учёта племенных животных (СЕЛЭКС) показал, что на 1 апреля 2018 года из подконтрольной выборки численностью 2849 живых коров, принадлежащих восьми хозяйствам, и банка глубокозамороженного семени 139 быков, принадлежащих РГУСП Коми по племенной работе, чистопородные животные составили 28,5% (811 голов), из них 78,5 (636 голов) принадлежало генофондным и товарным хозяйствам и только 21,5 (175 голов) – племенным. Средняя «кровность» по голштинской породе по всей выборке

составила 31,6%, в стадах племенных хозяйств – от 59,7 до 33,4, стадах генофондных и товарных хозяйств – от 9,2 до 0,1% [15].

Все подконтрольные генофондные и товарные хозяйства, собственники основного поголовья чистопородного холмогорского скота имеют крайне низкую обеспеченность кормами, неудовлетворительную материально-техническую и экономическую базу, по существу, балансируют на грани банкротства и в любой момент могут прекратить своё существование.

Географически два генофондных хозяйства расположены у Полярного Круга; одно товарное – в районе, приравненном к Крайнему Северу. Размещение генофондного поголовья в таких хозяйствах только на время откладывает его исчезновение. Поэтому требуется срочное принятие эффективных и целенаправленных мер для его сохранения.

Выводы. Сохранение и воспроизводство исчезающей холмогорской породы в Республике Коми является важнейшей задачей аграрной науки и племенной службы. Необходимо принять меры к предотвращению снижения численности репродуктивного поголовья чистопородного и низкокровного по голштинской породе холмогорского скота в хозяйствах всех форм собственности. Для этого расширить сеть генофондных хозяйств и увеличить численность поголовья, способного стабильно воспроизводить в поколениях генофонд породы. Разработать резервные и дублирующие механизмы защиты системы воспроизводства генофонда в форс-мажорных обстоятельствах.

Крайне важно обеспечить постоянный мониторинг динамики генофонда и коррекцию системы воспроизводства популяции в зависимости от результатов мониторинга. Принять меры к расширению генеалогической структуры популяции и более равномерному представительству в банке семени РГУСП Коми по племенной работе быков разных линий, особенно редких и исчезающих. Увеличить эффективную численность популяции за счёт повышения разнообразия семени быков при снижении и выравнивании заготовки биопродукции от одного быка.

Сохранить генофонд породы можно путём популяризации и экономического стимулирования комплектования чистопородными быками и ремонтным маточным поголовьем холмогорской породы хозяйств малых форм собственности и индивидуальных хозяйств населения.

Сохранение генетических ресурсов холмогорского скота – задача государственной важности. Она может быть решена только при постоянном внимании и заинтересованности государства к этой проблеме, грамотно выстроенной организационной работе и приоритетном стабильном экономическом стимулировании воспроизводства исчезающего генофонда. На всех уровнях управления сельским хозяйством необходимо осознать значимость реальной угрозы невозможной утраты уникального генофонда – основы для ведения на Севере самодостаточного экологического молочного скотоводства, освоения местных кормовых ресурсов и получения биологически полноценных продуктов питания.

**Работа выполнена в рамках ГЗ № АААА – А19 – 119031390055-1*

Литература

1. **Резников Ф.И.** История холмогорского скотоводства. – Архангельск, 1957. – 272 с.
2. **Резников Ф.И.** Новые данные к истории холмогорского скота. – Архангельские Огиз, 1949. – 28с.
3. **Ежегодник** по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2007 год). – М: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2008. – 286 с.
4. **Ежегодник** по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2010 год). – М: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2011. – 282 с.
5. **Ежегодник** по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2017 год). – М: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2018. – 274 с.

6. **Матюков В.С., Жариков Я.А., Рудомётова А.И., Миронов В.В.** Методы современной селекции и сохранение генофонда молочного скота в Республике Коми (рекомендации по оптимизации использования и сохранения генофонда холмогорского скота). – Сыктывкар, 2012. – 156 с.
7. **Суходолец В.В.** Приспособленность и экологическая устойчивость // *Общая биология*. – 2004. – Т. 65. – № 5. – С. 417-425.
8. **Матюков В.С., Тырина Ю.О., Кантанен Ю., Столповский Ю.А.** Об особенностях и селекционной ценности генофонда местного скота (на примере холмогорской породы) // *Сельскохозяйственная биология*. – 2013. – №2. – С. 1-10.
9. **Матюков В.С., Жариков Я.А., Зиновьева Н.А.** Генетическая история и ценность генофонда исчезающей холмогорской породы // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2018. – № 2. – С. 2-8.
10. **Колесник Н.Н.** Эволюция крупного рогатого скота. – Сталинобад: Из-во Таджикского филиала АН СССР, 1949. – 327 с.
11. **Прозоров А.А., Шиловский А.Д.** Холмогорский скот. – Архангельск, 2003. – 351с.
12. **Миддендорф А.Ф.** Отчет о породе рогатого скота северной России и улучшении ее // *Исследование современного состояния скотоводства в России. Рогатый скот*. – М., 1884. – Вып. I. – С. 226-245.
13. **Плохинский Н.А.** Печорское скотоводство (данные экспедиции 1928 года). – Архангельск, 1929. – 170 с.
14. **Шубин П.Н., Котельников В.М.** Породное преобразование крупного рогатого скота Коми АССР.- Сыктывкар, 1965. – 135 с.
15. **Жариков Я.А., Матюков В.С.** Программа сохранения и оптимального использования генофонда холмогорского скота в Республике Коми. – Сыктывкар, 2018. – 40 с.
16. **Фирсова Э.В., Карташова А.П., Митюков А.С.** Голштинизированный холмогорский скот Мурманской области в сравнении с чистопородным голштинским скотом разных стран по молочной продуктивности // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2018. – № 2 (51). – С. 152-157.

Literatura

1. **Reznikov F.I.** Istoriya holmogorskogo skotovodstva. – Arhangel'sk, 1957. – 272 s.
2. **Reznikov. F.I.** Novye dannye k istorii holmogorskogo skota. – Arhangel'skie Ogiz, 1949. – 28s.
3. **Ezhegodnik** po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvax Rossijskoj Federacii (2007 god), – М: Izd-vo FGBNU VNIplem, 2008. – 286 s.
4. **Ezhegodnik** po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvax Rossijskoj Federacii (2010 god), – М: Izd-vo FGBNU VNIplem, 2011. – 282 s.
5. **Ezhegodnik** po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvax Rossijskoj Federacii (2017 god), – М: Izd-vo FGBNU VNIplem, 2018. – 274 s.
6. **Matyukov V.S., ZHarikov YA.A., Rudomyotova A.I., Mironov V.V.** Metody sovremennoj selekcii i sohranenie genofonda molochnogo skota v Respublike Komi (rekomendacii po optimizacii ispol'zovaniya i sohraneniya genofonda holmogorskogo skota). – Syktyvkar, 2012. – 156 s.
7. **Suhodolec V.V.** Prispособlennost' i ekologicheskaya ustojchivost' // *Obshchaya biologiya*. – 2004. – Т. 65. – № 5. – С. 417-425.
8. **Matyukov V.S., Tyrina YU.O., Kantanen YU., Stolpovskij YU.A.** Ob osobennostyah i selekcionnoj cennosti genofonda mestnogo skota (na primere holmogorskoj porody) // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. – 2013. – №2. – С. 1-10.
9. **Matyukov V.S., ZHarikov YA.A., Zinov'eva N.A.** Geneticheskaya istoriya i cennost' genofonda ischezayushchej holmogorskoj porody // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. – 2018. – № 2. – С. 2-8.
10. **Kolesnik N.N.** Evolyuciya krupnogo rogatogo skota. – Stalinobad: Iz-vo Tadzhijskogo filiala AN SSSR, 1949. – 327 s.
11. **Prozorov A.A., SHilovskij A.D.** Holmogorskij skot. – Arhangel'sk, 2003. – 351s.
12. **Middendorf A.F.** Otchet o porode rogatogo skota severnoj Rossii i uluchshenii ee // *Issledovanie sovremennogo sostoyaniya skotovodstva v Rossii. Rogatyj skot*. – М., 1884. – Вып. I. – С. 226-245.
13. **Plohinskij N.A.** Pechorskoe skotovodstvo (dannye ekspedicii 1928 goda). – Arhangel'sk, 1929. – 170 s.

14. **SHubin P.N., Kotel'nikov V.M.** Porodnoe preobrazovanie krupnogo rogatogo skota Komi ASSR.- Syktyvkar, 1965. –135 s.
15. **ZHarikov YA.A., Matyukov V.S.** Programma sohraneniya i optimal'nogo ispol'zovaniya genofonda holmogorskogo skota v Respublike Komi. – Syktyvkar, 2018. – 40 s.
16. **Firsova E.V., Kartashova A.P., Mityukov A.S.** Golshtinizirovannyj holmogorskij skot Murmanskoy oblasti v sravnenii s chistopородnym golshtinskim skotom raznyh stran po molochnoj produktivnosti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. - № 2 (51). – S. 152-157.

УДК 636.2.082

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12069

Канд. с.-х. наук **Э.В. ФИРСОВА**
(ФГБНУ Мурманская ГСХОС, research-station@yandex.ru)
Канд. с.-х. наук **А.П. КАРТАШОВА**
(ФГБНУ Мурманская ГСХОС, research-station@yandex.ru)

ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА В ХОЗЯЙСТВАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В последние десятилетия численность молочного скота отечественных пород стремительно сокращается. Только с 2007 по 2017 год поголовье крупного рогатого скота молочного направления продуктивности во всех категориях хозяйств Российской Федерации сократилось на 2 млн. 744 тыс. и составило 18 млн. 681 тыс. голов. При этом практически все отечественные породы в той или иной степени подверглись преобразованию генофондом различных пород и, в частности, в больших масштабах, генофондом голштинской породы скота. Каждая отдельная порода скота обладает уникальными и только ей свойственными признаками. Вследствие «монополизации» более высокопродуктивных импортных пород, в частности голштинской, теряются уникальные гены, которые могли бы участвовать в селекционном процессе.

В результате многолетнего использования генофонда голштинской породы во многих породах в генеалогической структуре присутствуют в основном голштинские линии, такие как Вис Бек Айдиал 1013415, Рефлекшн Соверинг 198998, Монтвик Чифтейн 95679 и Силинг Трайджун Рокит, что «приводит к нарастанию гомозиготности. Таким образом, затрудняется подбор пар, стирается генетическое разнообразие» [1] как внутри пород, так и между породами.

Для изучения современного состояния в молочном скотоводстве были отобраны 8 основных пород крупного рогатого скота, численность которых превышает 2,5% от общей численности молочного скота. Это черно-пестрая, симментальская, холмогорская, красная степная, красно-пестрая, айширская, голштинская черно-пестрой масти и ярославская породы. Относительная численность остальных 16 пород находится ниже этого уровня, а, следовательно, существует угроза их существованию.

Цель исследований – оценить состояние основных пород молочного скота в Российской Федерации, изучить динамику численности, изменение молочной продуктивности, качественных характеристик маточного поголовья основных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проводились по основным 8 породам скота, численность которых превышает 2,5% от общего поголовья всех пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Изучение динамики численности, молочной продуктивности и основных качественных характеристик исследуемого маточного поголовья скота проведены по материалам ежегодников

ВНИИПлем за 2007, 2010 и 2017 гг. [2, 3, 4], научным статьям. Объект исследования – маточное поголовье крупного рогатого скота черно-пестрой, симментальской, холмогорской, красной степной, красно-пестрой, айширской, голштинской черно-пестрой масти и ярославской пород. В методике исследований использовали сравнительный анализ численности маточного поголовья основных пород по годам исследования, показатели молочной продуктивности, содержания жира и белка (%) в молоке, основные качественные характеристики маточного поголовья исследуемых пород молочного скота. Был рассчитан коэффициент молочности [5] коров изучаемых пород по формуле:

$$KM = \text{Удой за лактацию} / \text{Живая масса} * 100,$$

где КМ – коэффициент молочности.

Результаты исследований. За изучаемый период (2007 – 2017 гг.) в Российской Федерации наблюдается уменьшение поголовья маточного стада крупного рогатого скота. Численность коров по всем породам сократилась с 2090600 до 1307870 тысяч голов (–37,4%). За тот же период количество хозяйств, занимающихся разведением крупного рогатого скота молочных пород, уменьшилось более чем в 2 раза – с 5126 до 2467 (табл. 1). Однако следует отметить, что, начиная с 2010 года наметилась тенденция спада темпов снижения численности маточного поголовья. Если с 2007-го по 2010 год сокращение маточного поголовья в год составило 5,4%, то с 2010-го по 2017 год – 2,5%.

Таблица 1. Численность основных пород молочного скота

| Порода | 2007 год | | | 2010 год | | | 2017 год | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|----------------------------|---|
| | всего коров, тыс.гол | доля от всего поголовья, % | всего коров, тыс.гол | доля от всего поголовья, % | кол-во хозяйств | 2017г± к 2007г | всего коров, тыс.гол. | доля от всего поголовья, % | изменение числа коров 2017г± к 2007г, % |
| Все породы | 2090,6 | 100 | 1638,5 | 100 | 2467 | –2659 | 1307,87 | 100 | –37,4 |
| Черно-пестрая | 1171,7 | 56,05 | 931,33 | 56,84 | 1476 | –1177 | 702,47 | 53,7 | –40,5 |
| Симментальская | 246,3 | 11,78 | 162,03 | 9,89 | 206 | –506 | 80,60 | 6,16 | –67,3 |
| Холмогорская | 203,2 | 9,72 | 146,87 | 8,96 | 224 | –299 | 87,39 | 6,68 | –57,0 |
| Красная степная | 118,0 | 5,64 | 75,88 | 4,63 | 94 | –104 | 48,74 | 3,73 | –58,7 |
| Красно-пестрая | 76,2 | 3,64 | 89,41 | 5,46 | 128 | –13 | 70,05 | 5,36 | –8,1 |
| Айширская | 62,9 | 3,01 | 48,75 | 2,98 | 108 | –56 | 39,56 | 3,03 | –37,1 |
| Голштинская ч/п масти | 54,1 | 2,59 | 77,75 | 4,75 | 299 | +128 | 205,48 | 15,71 | +279,8 |
| Ярославская | 53,5 | 2,56 | 38,3 | 2,34 | 68 | –96 | 22,44 | 1,72 | –58,1 |

По всем изучаемым породам наблюдается значительное сокращение числа коров – от 8,1% по красно-пестрой породе до 67,3% по симментальской.

Наиболее стабильная ситуация по численности наблюдается по красно-пестрой породе. За изучаемый период она потеряла наименьшее количество коров (–8,1%) и увеличилась ее доля (+ 1,72%) в структуре пород. По годам исследования доля коров черно-пестрой породы в структуре маточного поголовья стабильно занимает лидирующую позицию – 56,05%, 56,84% и 53,7% соответственно. Однако численность маточного поголовья этой породы сократилась на 40,5% по отношению к 2007 году. Наблюдается резкое сокращение маточного поголовья симментальской (–67,3%), красной степной (–58,7%), ярославской (–58,1%) и холмогорской пород (–57,0%), также значительно уменьшилось число коров айширской породы (–37,1%).

Такая картина, по меньшей мере, должна вызывать большую настороженность, так как «потеря уникальных генов, которые могут участвовать в дальнейшем селекционном процессе совершенствования пород, невосполнима» [1].

При этом численность коров голштинской породы черно-пестрой масти заметно выросла – на 279,8% по отношению к 2007 году и составила в 2017 году 205480 голов. Значительная часть маточного поголовья этой породы «представлена импортным поголовьем» [6], а в последние годы рост численности в породе происходит в основном «за счет перевода животных других пород в голштинскую из стад, имеющих кровность по этой породе 90% и более» [7]. «В ближайшей перспективе черно-пестрая порода будет переименована в голштинскую породу России» [6].

Несмотря на значительное снижение численности маточного поголовья молочных пород скота в Российской Федерации (–37,4%), валовое производство молока в 2017 году по сравнению с 2007 годом уменьшилось на 3,04% (–978500 тонн) и составило 31183500 тонн [4, 2]. Это оказалось возможным благодаря значительному росту продуктивного потенциала животных. За исследуемый период прирост удоя по всем породам составил 2139 кг молока (+48%), также увеличилось содержание жира в молоке +0,1%, содержание белка с 2010 по 2017 гг. – +0,04%, коэффициент молочности +325,5 кг, или +37,0%, живая масса коров + 42 кг (+8,4%) (табл. 2).

Таблица 2. Изменение продуктивности основных пород молочного скота

| Порода | Показатель | | | | |
|--------------------------|-------------|-----------|------------|--------------------|---------------------------|
| | удой, кг | % жира | % белка | живая масса, кг | коэффициент молочности |
| 2007 год | | | | | |
| Все породы | 4434 | 3,79 | - | 501 | 885,0 |
| Черно-пестрая | 4736 | 3,77 | - | 507 | 934,0 |
| Симментальская | 3461 | 3,78 | - | 497 | 696,4 |
| Холмогорская | 4172 | 3,73 | - | 490 | 851,4 |
| Красная степная | 4063 | 3,88 | - | 486 | 836,0 |
| Красно-пестрая | 4495 | 3,84 | - | 535 | 840,2 |
| Айширская | 5146 | 4,06 | - | 475 | 1083,4 |
| Голштинская ч/п масти | 6090 | 3,85 | - | 535 | 1138,3 |
| Ярославская | 3880 | 4,02 | - | 457 | 849,0 |
| 2017 год | | | | | |
| Все породы | 6573 | 3,89 | 3,18 | 543 | 1210,5 |
| Черно-пестрая | 6486 | 3,86 | 3,15 | 544 | 1192,3 |
| Симментальская | 5104 | 3,92 | 3,21 | 545 | 936,5 |
| Холмогорская | 5989 | 3,83 | 3,15 | 530 | 1130,0 |
| Красная степная | 4881 | 3,99 | 3,23 | 509 | 958,9 |
| Красно-пестрая | 6260 | 3,93 | 3,17 | 557 | 1123,9 |
| Айширская | 6716 | 4,11 | 3,27 | 510 | 1316,9 |
| Голштинская ч/п масти | 8567 | 3,86 | 3,23 | 564 | 1519,0 |
| Ярославская | 5817 | 4,24 | 3,18 | 500 | 1163,4 |

Наивысшей молочной продуктивностью по годам исследования отличались коровы голштинской породы черно-пестрой масти, и в 2017 году их удой составил 8567 кг, также и коэффициент молочности у этой породы был самым высоким – 1519 кг. Прибавка по жирномолочности по породе была самая низкая среди исследуемых пород (+0,01), а

содержание белка в молоке осталось на прежнем уровне. На втором месте по молочной продуктивности оказались коровы айширской породы (6716 кг), коэффициент молочности – 1316,9 кг. На третьем месте – представительницы черно-пестрой породы с удоем 6486 кг молока и коэффициентом молочности 1192,3 кг. Наибольшую прибавку по содержанию жира в молоке показали коровы ярославской породы (+0,22%), а по содержанию белка (+0,08) – маточное поголовье симментальской породы.

Рассчитанный коэффициент молочности выявил взаимозависимость молочной продуктивности и живой массы коровы: чем больше живой массы приходится на один кг удою, тем выше удои у коровы.

В результате исследований производственных показателей основных пород (табл. 3) наблюдается значительное сокращение продолжительности хозяйственного использования коров. Так, в 2017 г. средний возраст коров всех пород во всех категориях хозяйств Российской Федерации составил 2,66 отёла (–0,37 отела по отношению к 2007 году), а средний возраст выбытия равнялся 3,39 отёла (–0,51 к 2007 году). В племязаводах и племярепродукторах возраст выбытия коров составил в 2017 году 3,29 и 3,42 отёла соответственно (табл. 4).

Долголетие коров говорит о состоянии здоровья животного, крепости конституции, хороших воспроизводительных способностях. Наиболее низкими показателями срока хозяйственного использования отличались коровы голштинской породы черно-пестрой масти. Так, их средний возраст выбытия составил – 2,68 отела, а средний возраст маточного стада в отелах – всего лишь 2,08.

Таблица 3. Производственное использование коров основных пород молочного скота во всех категориях хозяйств

| Порода | Показатель | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|----------|---------|-------------------|----------------------|
| | Выход телят на 100 коров | Живая масса телок в 18 мес | возраст | | | продолжительность | |
| | | | первого отела, дней | в отелах | выбытия | сервис-периода | сухостойного периода |
| 2007 год | | | | | | | |
| Все породы | 77 | 379 | 895 | 3,03 | 3,90 | 111 | 66 |
| Черно-пестрая | - | 387 | 893 | 2,94 | 3,70 | 115 | 66 |
| Симментальская | - | 361 | 915 | 3,37 | 4,30 | 97 | 66 |
| Холмогорская | - | 383 | 899 | 3,35 | 4,30 | 100 | 65 |
| Красная степная | - | 361 | 893 | 2,88 | 3,50 | 114 | 64 |
| Красно-пестрая | - | 371 | 924 | 2,94 | 3,90 | 111 | 62 |
| Айширская | - | 373 | 859 | 2,86 | 3,60 | 128 | 65 |
| Голштинская ч/п масти | - | 412 | 823 | 1,90 | 2,90 | 131 | 63 |
| Ярославская | - | 348 | 935 | 3,44 | 4,60 | 117 | 74 |
| 2017 год | | | | | | | |
| Все породы | 81,0 | 418 | 821 | 2,66 | 3,39 | 131 | 61 |
| Черно-пестрая | 81,1 | 422 | 831 | 2,71 | 3,48 | 131 | 61 |
| Симментальская | 85,6 | 400 | 889 | 3,11 | 3,98 | 112 | 62 |
| Холмогорская | 83,1 | 412 | 828 | 2,98 | 4,03 | 123 | 62 |
| Красная степная | 82,8 | 377 | 876 | 2,99 | 3,47 | 126 | 63 |
| Красно-пестрая | 84,8 | 402 | 846 | 2,71 | 3,36 | 124 | 60 |
| Айширская | 78,4 | 403 | 804 | 2,61 | 3,44 | 139 | 63 |
| Голштинская ч/п масти | 76,7 | 442 | 765 | 2,08 | 2,68 | 145 | 59 |
| Ярославская | 85,0 | 381 | 851 | 2,86 | 3,69 | 123 | 67 |

Более высокими показателями срока хозяйственного использования отличались представительницы симментальской и холмогорской пород – средний возраст их выбытия составил 3,98 и 4,03 отела соответственно, но эти показатели меньше, чем у представительниц этих пород в 2007 году, на 0,32 и 0,27 отела соответственно. В 2017 году средний возраст выбытия по черно-пестрой породе составил 3,48 отела, по красной степной – 3,47, айширской – 3,44, ярославской – 3,69, красно-пестрой – 3,36 отела. Таким образом, коровы не доживают до того возраста, когда у них могла бы проявиться максимальная молочная продуктивность. Учеными рассчитано и доказано на практике, что использование коров менее 4 лактаций экономически не выгодно. Это отражается на недополучении телят и молочной продукции от коровы и, таким образом, не окупаются средства, затраченные на выращивание животного. Как правило, корова начинает давать максимальный удой только к 6 – 7 лактации. Можно предположить, что на современном этапе ситуация с коротким сроком хозяйственного использования коров по изучаемым породам в Российской Федерации сложилась в результате того, что в современных условиях специалисты в хозяйствах нацелены на скорейшее увеличение молочной продуктивности коров. На смену взрослым коровам приходят молодые, более высокопродуктивные. А, как известно, ускорение генетического прогресса в стаде происходит в результате быстрой смены поколений коров.

Самый продолжительный сервис-период в 2017 году отмечался у голштинской породы черно-пестрой масти (145 дней), самый короткий – у представительниц симментальской породы (112 дней). За исследуемый период наблюдалось увеличение сервис-периода по каждой из изучаемых пород – от 6 дней у симментальской породы, до 23 – у холмогорской, а в среднем по всем породам увеличение составило 20 дней. Такая картина, скорее всего, возникла по причине значительного роста молочной продуктивности у исследуемого поголовья молочного скота. Высокопродуктивные животные более требовательны к условиям их содержания [8], качеству кормов, сбалансированности рационов. Но есть и положительные изменения по отношению к 2007 году – это увеличение живой массы телок в среднем по всем породам в 18-месячном возрасте (+39 кг), уменьшение возраста первого отела (–74 дня), увеличение выхода телят на 100 коров (+4,0).

Резерв племенных животных находится на племпредприятиях. Там содержатся лучшие стада животных. В 2017 году по всем изучаемым породам в этих хозяйствах содержалось 772400 коров, или 59% от всего поголовья, в том числе в племрепродукторах – 33,1%, в племенных заводах – 25,9% (табл.4). Следует отметить, что у отдельных пород доля коров, содержащихся на племпредприятиях, довольно высока. У красно-пестрой породы – 77,1%, голштинской черно-пестрой масти – 75,1%, ярославской – 69,1%, айширской – 62,2%, у красной степной – 62%.

В племенных хозяйствах селекционно-племенная работа с животными находится на более высоком уровне. Об этом свидетельствует молочная продуктивность коров. Коровы в племрепродукторах превосходят по среднему удою коров всех пород на 2,9% (6766 кг молока), в племенных заводах – на 19,9% (7878 кг). Качество производимого молока там несколько выше – жирность в среднем составила по племзаводам и племрепродукторам – 3,92% (+0,03% к среднему показателю по всем породам), а среднее содержание белка по племзаводам – + 0,04%, по племрепродукторам – +0,01%. По среднему показателю выхода телят на 100 коров превосходство по отношению к животным во всех категориях хозяйств составило по племрепродукторам – +2,8, по племзаводам – +0,4 теленка. Наилучший результат по этому показателю в племзаводах имели представительницы ярославской (89,1), красно-пестрой (87,2), холмогорской (84,5) и красной степной (84,1) пород. В племрепродукторах лучшими по выходу телят были коровы симментальской (89,0), красной степной (88,6), холмогорской (87,2), ярославской (85,8) и красно-пестрой (85,3) пород.

Таблица 4. Производственные показатели основных пород молочного скота в племенных хозяйствах Российской Федерации, 2017 год

| Порода | Всего, коров, тыс. гол | Удой, кг | % жира | % белка | Производственное использование коров | | | |
|-------------------------|------------------------|----------|--------|---------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| | | | | | возраст первого отела, дней | возраст выбытия, отелов | сервис-период, дней | выход телят на 100 коров |
| Племзаводы | | | | | | | | |
| Все породы | 339,4 | 7878 | 3,92 | 3,22 | 789 | 3,29 | 135 | 81,4 |
| Черно-пестрая | 172,5 | 7991 | 3,89 | 3,21 | 791 | 3,38 | 137 | 81,5 |
| Симментальская | 11,8 | 6484 | 3,91 | 3,21 | 822 | 3,42 | 130 | 82,8 |
| Холмогорская | 17,3 | 7114 | 3,95 | 3,20 | 788 | 3,59 | 123 | 84,5 |
| Красная степная | 12,7 | 5598 | 4,05 | 3,25 | 905 | 3,72 | 130 | 84,1 |
| Красно-пестрая | 15,5 | 6572 | 3,99 | 3,18 | 816 | 3,21 | 123 | 87,2 |
| Айширская | 18,7 | 7421 | 4,14 | 3,30 | 789 | 3,27 | 132 | 80,0 |
| Голштинская ч/п масти | 78,7 | 9011 | 3,88 | 3,23 | 762 | 2,93 | 143 | 78,7 |
| Ярославская | 5,4 | 6059 | 4,25 | 3,21 | 867 | 3,73 | 116 | 89,1 |
| Племрепродукторы | | | | | | | | |
| Все породы | 433,0 | 6766 | 3,92 | 3,19 | 820 | 3,42 | 127 | 83,8 |
| Черно-пестрая | 214,2 | 6686 | 3,90 | 3,16 | 825 | 3,60 | 128 | 83,8 |
| Симментальская | 26,4 | 53,21 | 3,97 | 3,26 | 917 | 4,02 | 108 | 89,0 |
| Холмогорская | 29,9 | 6336 | 3,89 | 3,16 | 820 | 3,82 | 113 | 87,2 |
| Красная степная | 17,5 | 4781 | 3,99 | 3,28 | 866 | 3,81 | 115 | 88,6 |
| Красно-пестрая | 38,5 | 6328 | 3,95 | 3,17 | 853 | 3,47 | 127 | 85,3 |
| Айширская | 5,9 | 6620 | 4,16 | 3,29 | 801 | 3,53 | 139 | 82,3 |
| Голштинская ч/п масти | 75,6 | 8726 | 3,85 | 3,23 | 763 | 2,61 | 144 | 78,7 |
| Ярославская | 10,1 | 6072 | 4,33 | 3,17 | 833 | 3,40 | 125 | 85,8 |

Выводы. Таким образом, потенциал стад изучаемых пород находится на довольно высоком уровне. Однако специалистам в хозяйствах следует уделить пристальное внимание таким проблемам, как увеличение долголетия коров и уменьшение сервис-периода. Также вызывает большую настороженность значительное сокращение поголовья молочных пород и тот факт, что в результате многолетнего использования генофонда голштинской породы во многих породах в генеалогической структуре присутствуют в основном голштинские линии, что приводит к нарастанию гомозиготности. Таким образом, затрудняется подбор пар, стирается генетическое разнообразие как внутри пород, так и между породами, а также происходит потеря уникальных генов традиционных отечественных пород.

Литература

1. **Руденко О.В.** Селекционно-генетическое состояние нижегородской популяции красного горбатовского скота в условиях сохранения генофонда: автореферат дис.... канд. с.-х наук / Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства. - Дубровицы, 2010.- 20 с. [Электронный ресурс].- URL: <http://earthpapers.net/selektionno-geneticheskoe-sostoyanie-nizhegorodskoy-populyatsii-krasnogo-gorbatovskogo-skota-v-usloviyah-sohraneniya-gen> (дата обращения: 05.03.2019).
2. **Ежегодник** по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2007 год). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2008. – 286 с.

3. **Ежегодник** по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2010 год). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2011. – 282 с.
4. **Ежегодник** по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2017 год). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2018. – 274 с.
5. **Молочная продуктивность коров.** [Электронный ресурс]. - URL: http://geolike.ru/page/gl_597.htm. (дата обращения: 20.02.2019).
6. **Шаталов С.В., Пристupa В.Н., Кочуева Я.В.** Молочная продуктивность черно-пестрого скота в хозяйствах Российской Федерации // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2-1(16). – С. 79-91.
7. **Фирсова Э.В., Карташова А.П., Митюков А.С.** Голштинизированный холмогорский скот Мурманской области в сравнении с чистопородным голштинским скотом разных стран по молочной продуктивности // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (51). – С. 152-157.
8. **Свяженина М.А., Викулова Л.Н.** Молочное скотоводство Тюменской области // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – № 11. – С. 56-58.

Literatura

1. **Rudenko O.V.** Selekcionno-geneticheskoe sostoyanie nizhegorodskoj populyacii krasnogo gorbatovskogo skota v usloviyah sohraneniya genofonda: avtoreferat dis.... kand. s.-h. nauk / Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zhivotnovodstva. - Dubrovicy, 2010.- 20 s. [Elektronnyj resurs].- URL: <http://earthpapers.net/selekcionno-geneticheskoe-sostoyanie-nizhegorodskoj-populyatsii-krasnogo-gorbatovskogo-skota-v-usloviyah-sohraneniya-gen> (data obrashcheniya: 05.03.2019).
2. **Ezhegodnik** po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii (2007 god). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2008. – 286 с.
3. **Ezhegodnik** po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii (2010 god). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2011. – 282 с.
4. **Ezhegodnik** po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii (2017 god). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2018. – 274 с.
5. **Molochnaya produktivnost' korov.** [Elektronnyj resurs].- URL: http://geolike.ru/page/gl_597.htm. (data obrashcheniya: 20.02.2019).
6. **SHatalov S.V., Pristupa V.N., Kochueva YA.V.** Molochnaya produktivnost' cherno-pestrogo skota v hozyajstvah Rossijskoj Federacii // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 2-1(16). – S. 79-91.
7. **Firsova E.V., Kartashova A.P., Mityukov A.S.** Golshtinizirovannyj holmogorskij skot Murmanskoy oblasti v sravnenii s chistopородnym golshtinskim skotom raznyh stran po molochnoj produktivnosti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. □ № 2 (51). – S. 152-157.
8. **Svyazhenina M.A., Vikulova L.N.** Molochnoe skotovodstvo Tyumenskoy oblasti // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2011. – № 11. – S. 56-58.

УДК 636.084.56

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12076

Аспирант **Н.Е. ГЛЕБОВ**
(ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», zoo_gorky@mail.ru)**ФАКТИЧЕСКАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ПИТАТЕЛЬНЫМИ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
В УСЛОВИЯХ ООО «НИЖЕГОРОДСКОЕ» ПО ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЕ**

Работа продолжает предпринятое нами исследование в области оптимизации рационов кормления быков-производителей. Основным требованием в современном высокопродуктивном промышленном животноводстве становится обеспечение здоровья животных и высокой продуктивности на всех этапах их эксплуатации, основанном на использовании генотипов с интенсивным обменом веществ. Известно, что максимальное получение продукции от животных, как следствие генетического потенциала, возможно при оптимальном количестве питательных и биологически активных веществ в рационах.

Для получения высококачественной спермы в ООО «Нижегородское» по племенной работе важен индивидуальный подход и рациональное использование сбалансированного кормления быков-производителей. Чтобы сперма в течение года была хорошего качества, не нарушалась нормальная деятельность микроорганизмов-симбионтов в преджелудках, быки получают рационы с постоянным составом и соотношением питательных веществ. Рационы кормления быков балансируются на основании фактической питательности кормов, по возрасту, живой массе, режима использования и физиологического состояния, согласно детализированным нормам кормления, с учетом концентрации обменной энергии и питательных веществ в 1 кг сухого вещества [1].

При индивидуальном кормлении быков-производителей важным звеном его организации остается постоянный контроль за детализированным, сбалансированным, полноценным кормлением. Добавки в рационе быков-производителей играют значительную роль, поскольку при составлении рациона из натуральных кормов должны соблюдаться определенные требования. В этом направлении работали ученые-кормленцы Приволжского Федерального округа: Зарипова Л.П., Лапшин С.А., Прытков Ю.М., Андреев А.И., Улитко В.Е., Чичаева В.Н. и другие [2].

Целью исследования настоящей работы является изучение и анализ кормления быков-производителей в конкретных условиях племенной станции.

Материалы, методы и объекты исследования. Работу выполняли в 2018 году на базе ООО «Нижегородское» по племенной работе Кстовского р-на Нижегородской области. В настоящее время на племенной станции используются 53 быка-производителя в возрасте от 1 до 8 лет, с высоким генетическим потенциалом, от которых в хранилище заморожено более 800 тыс. доз семени. Кормление, содержание и эксплуатация животных осуществляется согласно принятой для этих целей технологии. Используемые в хозяйстве корма были отправлены для полного анализа в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Нижегородский». Для статистической обработки полученных данных использовали программу MSExcel.

Результаты исследования. Рацион быков-производителей в ООО «Нижегородское» по племенной работе состоит из следующего набора кормов: сена злакового, зерна кукурузы, ячменя, гороха, овса, отрубей пшеничных, дрожжей кормовых, сахарного песка, шрота подсолнечникового, моркови, яйца куриного. Минеральное питание обеспечивается: мелом кормовым, витаминно-минеральным премиксом, трикальцийфосфатом, поваренной солью.

Анализ данных сыворотки крови показал, что у 17% животных содержание общего белка было ниже нормы (6,45 – 7,04 г/л), превышения нормы у данного показателя зафиксировано не было. Содержание альбумина в физиологически допустимом диапазоне у 92% быков-производителей, только у 8% животных он составил 19,8 – 26,75 г/л. Снижение

альбумина в сыворотке крови свойственно при недостаточном поступлении белка в организм или при нарушении его всасывания в желудочно-кишечном тракте.

Таблица 1. Показатели крови у быков-производителей

| Показатели | Общий белок, г/л | Альбумин, г/л | Глобулин, г/л | Са, ммоль/л | Р, моль/л |
|------------|------------------|---------------|---------------|-------------|-----------|
| min | 64,5 | 19,80 | 36,33 | 2,2 | 1,72 |
| max | 82,8 | 33,82 | 54,83 | 3,3 | 3,72 |
| норма | 72,00-86,00 | 27,00-43,00 | 50,0– 62,0 | 2,5-3,13 | 1,45-1,94 |

Так, при избытке сухого вещества, достаточном уровне энергии и протеина содержание расщепляемой фракции кормового белка (РП), которое определяет количество азота, доступного для микробиального синтеза, значительное, больше на 57% от нормы, а чем выше расщепляемость протеина в рубце, тем большее количество аммиака выделяется в единицу времени и увеличивается возможность его потерь при всасывании в кровь и снижение микробиального синтеза белка, и как результат – снижение содержание общего белка в сыворотке крови у 17% быков. Нераспавшийся в рубце белок (НРП) является источником аминокислот собственного корма, в тонком отделе кишечника положительно влияющего на продуктивность, его мало в рационах. В среднем оптимальным соотношением расщепляемых (РП) и нерасщепляемых (НРП) фракций протеина считается (60-70):(30-40) [3]. В данном рационе соотношение составляет 80:20. Для оптимального соотношения рекомендуется подобрать набор кормов с низкой скоростью расщепления протеина в рубце.

Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона в зависимости от нагрузки и живой массы должна находиться в пределах от 10,5 до 12 МДж [4]. Постоянный недостаток энергии особенно негативно сказывается снижением выработки семенниками гормона тестостерона. Для увеличения обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона рекомендуется, использовать корма для быков – производителей с содержанием обменной энергии: 10,0 МДж в сухом веществе сена и 12,2 МДж – в сухом веществе комбикорма или зерносмеси.

Положительное влияние на процессы пищеварения и использования ими питательных веществ рационов у быков оказывает оптимальный уровень в них легкоферментируемых углеводов. Оптимальное сахаро-протеиновое отношение 1:1, отношение крахмала к сахару – 1,1:1. Если сахаро-протеиновое отношение ниже 0,8:1, ухудшается качество спермы, снижается половая активность. В рационы следует ввести чистые питательные вещества: крахмал и сахар. Потребность быков в клетчатке составляет 20–25 % от сухого вещества рациона. Как недостаток, так и избыток клетчатки нарушает пищеварение [5]. Но такие корма, как сено, с высоким содержанием клетчатки, регулируют моторику рубца и интенсивность жвачки. Поэтому необходимо скармливать быкам-производителям сено 1 класса с минимальным содержанием клетчатки не более 28% в сухом веществе.

Содержание Са у 30 быков-производителей (56%) ниже нормы. На наш взгляд, это вызвано интенсивной эксплуатацией животных и преобладанием концентратного типа кормления, на что также указывает концентрация Р в сыворотке крови. Превышение нормы Р в сыворотке крови зафиксировано у 17 быков (32%).

Соотношение фосфора с кальцием в сыворотке крови должно находиться в пределах 1,70 – 2,00 [6]. В нашем примере соотношение этих элементов равнялось 1,51. Также при недостатке или избытке белка в организме, в первую очередь, нарушается фосфорно-кальциевый обмен.

Но следует помнить, что избыток фосфора приводит к недостатку магния, что наблюдается при высококонцентратном типе кормления и кетозах. При недостатке Mg в организме развивается дегенеративные и некротические изменения в почках, нарушается биоритм выделения гормонов [7]. Магний в существующем наборе кормов дефицитен.

Необходимо ввести подкормку магния сернокислого – 35г. Кроме магния, в рационе дефицитна из макроэлементов сера, потребность из натуральных кормов удовлетворяет на 55%.

Дефицит йода из микроэлементов может приводить к ослаблению полового инстинкта у самцов, ухудшению качества спермы. Йод необходим для нормальной функции щитовидной железы и ее гормонов [8].

Роль цинка в организме многообразна – это основной микроэлемент, влияющий на рост и развитие животных, продуктивность, воспроизводительную функцию, остеосинтез, кроветворение [9]. Наличие цинка в передней доле гипофиза, возможно, связано с его участием в выработке гонадотропинов, которые контролируют функцию половых желез [10]. При недостатке Zn развиваются органические нарушения в семенных канальцах, нарушается сперматогенез. Избыточное количество цинка провоцирует анемию, остановку роста и отравления. Необходимо учитывать и то, что увеличение поступления кальция в организм повышает потребность животного в цинке [11]. Цинка в рационе достаточно, но здесь необходимы дополнительные исследования.

Большое внимание следует уделять обеспечению быков-производителей витаминами А, D, Е. Витамин А оказывает большое влияние на воспроизводительные функции животных. Дефицит каротина, витамина А ведет к уменьшению спермиогенеза, снижению подвижности спермиев и появлению их патологических форм, спермии не выдерживают холодового удара при замораживании. Хроническая А-витаминная недостаточность может вызвать атрофию семенников и импотенцию. По строению витамин А близок к мужским половым гормонам [5].

Поэтому в рационе быков-производителей, данной племенной организации, используется сухой препарат витамина А в составе витаминно-минерального премикса, но в крови быков наблюдается пониженное его содержание, что может свидетельствовать о плохой усвояемости данного препарата, или другие косвенные причины, не позволяющие правильно определять данный показатель. Для повышения витамина А в крови необходимо включать в рацион корма, богатые данным провитамином А: это морковь, ВТМ. Также в крови животных наблюдается нарушение фосфорно-кальциевого соотношения – как результат длительного недостатка витамина D. Клинические признаки недостатка витамина D начинаются с утолщения и опухания пястных и плюсневых костей. По мере развития болезни передние ноги выгибаются вперед и в стороны. Колени и скакательные суставы опухают, становятся ригидными, путовые кости прямыми, спина изгибается [11].

Выводы. Результаты мониторинга показали, что рационы быков-производителей не всегда сбалансированы, наблюдается избыток энергии, сухого вещества, сырой клетчатки, недостаток нерастворимого протеина, сырого жира, крахмала, сахара, витаминов D и Е. Для более точной оценки состояния обменных процессов в организме быков-производителей следует производить регулярный расширенный анализ биохимии крови животных. К таким показателям можно отнести: мочевины, глюкозу, холестерин, билирубин, креатинин, микроэлементы: магний, цинк, медь, селен и другие.

Недостаток одного, а тем более нескольких компонентов вызывает эндокринные расстройства, снижая биосинтез гормонов и их активность, что может нарушать процессы размножения [9]. В случае несоответствия нормам кормления необходимо своевременно внести исправления в рацион. Задержка коррекции рациона по недостающим элементам питания приводит к нарушению в организме животного обмена веществ, которое определенное время компенсируется внутренними резервами организма, а позднее приводит к заболеванию.

Автор выражает признательность за помощь: доктору с.-х. н., профессору, зав. кафедрой В.Н. Чичаевой; доктору с.-х. н., и.о. профессора Н.В. Воробьевой; кандидату с.-х. н., доценту Т.П. Логиновой; кандидату с.-х. н., доценту Т.Н. Комиссаровой.

Литература

1. **Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Первое Н.Г.** и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. – М., 2003. – 305 с.
2. **Чичаева В.Н.** Актуальные вопросы кормления животных // Научные основы повышения продуктивности животных и качества животноводческой продукции: сборник научных трудов. – Н. Новгород, 2005. – С. 15–20.
3. **Владимиров Н.И., Черемнякова Л.Н., Луницын В.Г., Косарев А.П., Попеляев А.С.** Кормление сельскохозяйственных животных: учебное пособие. – Барнаул: АГАУ, 2008. – 212 с.
4. **Мороз М.Т., Васильева О.Р.** Кормление племенных быков-производителей. – СПб, 2013. – 78с.
5. **Белоножкин В.П.** Рекомендации по кормлению, содержанию и использованию быков-производителей на станциях и племпредприятиях: методические рекомендации. – Быково, 2007. – 136 с.
6. **Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т.** Минеральное питание животных. – М.: Колос, 1979. – 471 с.
7. **Шейко И.П., Радчиков В.Ф., Саханчук А.И., Линкевич С.А., Кот Е.Г., Воронин С., Воронин Д., Фесина В.** Органические микроэлементы в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц // Зоотехния. – 2015. – №1. – С. 14-7.
8. **Улитко В.Е., Любин Н.А., Козлов В.В., Ахметова В.В.** Воспроизводительная способность коров при оптимизации их рационов цеолитсодержащей добавкой // Роль и значение метода искусственного осеменения сельскохозяйственных животных в прогрессе животноводства XX и XXI веков: мат. межд. науч-практ. конф. к 100-летию со дня рождения академика В. К. Милованова и профессора И. И. Соколовской. – Дубровицы, 2004. – С. 283–285.
9. **Андреев А.И.** Оптимизация минерального питания телок. – Саранск, 2011. – 175с.
10. **Лапшин С.А.** Новое в минеральном питании сельскохозяйственных животных. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 207с.
11. **Самохин В.Т.** Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2003. – 136 с.

Literatura

1. **Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., SHCHeglov V.V., Pervoe N.G.** i dr. Normy i raciony kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhiivotnyh: spravochnoe posobie. – M., 2003. – 305 s.
2. **CHichaeva V.N.** Aktual'nye voprosy kormleniya zhiivotnyh // Nauchnye osnovy povysheniya produktivnosti zhiivotnyh i kachestva zhiivotnovodcheskoj produkcii: sbornik nauchnyh trudov. – N. Novgorod, 2005. – S. 15–20.
3. **Vladimirov N.I., SHeremnyakova L.N., Lunicyn V.G., Kosarev A.P., Popelyaev A.S.** Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhiivotnyh: uchebnoe posobie. – Barnaul: AGAU, 2008. – 212 s.
4. **Moroz M.T., Vasil'eva O.R.** Kormlenie plemennyh bykov-proizvoditelej. – SPb, 2013. – 78s.
5. **Belonozhkin V.P.** Rekomendacii po kormleniyu, soderzhaniyu i ispol'zovaniyu bykov-proizvoditelej na stanciyah i plempredpriyatiyah: metodicheskie rekomendacii. – Bykovo, 2007. – 136 s.
6. **Georgievskij V.I., Annenkov B.N., Samohin V.T.** Mineral'noe pitanie zhiivotnyh. – M.: Kolos, 1979. – 471 s.
7. **SHEjko I.P., Radchikov V.F., Sahanchuk A.I., Linkevich S.A., Kot E.G., Voronin S., Voronin D., Fesina V.** Organicheskie mikroelementy v kormlenii sel'skohozyajstvennyh zhiivotnyh i ptic // Zootekhniya. – 2015. – №1. – S. 14-7.
8. **Ulit'ko V.E., Lyubin N.A., Kozlov V.V., Ahmetova V.V.** Vosproizvoditel'naya sposobnost' korov pri optimizacii ih racionov ceolitsoderzhashchej dobavkoj // Rol' i znachenie metoda iskusstvennogo osemeneniya sel'skohozyajstvennyh zhiivotnyh v progresse zhiivotnovodstva HKH i HKHI vekov: mat. mezhd. nauch-prakt. konf. k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V. K. Milovanova i professora I. I. Sokolovskoj. – Dubrovicy, 2004. – S. 283–285.
9. **Andreev A.I.** Optimizaciya mineral'nogo pitaniya telok. – Saransk, 2011. – 175s.

10. **Lapshin S.A.** Novoe v mineral'nom pitanii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. – M.: Rosagropromizdat, 1988. – 207s.
11. **Samohin V.T.** Profilaktika narushenij obmena mikroelementov u zhivotnyh. – Voronezh: Voronezhskij gos. un-t, 2003. – 136 s.

УДК 576.64

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12080

Аспирант **Т.П. ДУНЯШЕВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ООО «БИОТРОФ+», timur@biotrof.ru)
Канд. биол. наук **Д.В. СОБОЛЕВ**
(ООО «БИОТРОФ+», sdv@biotrof.ru)
Доктор биол. наук **Г.Ю. ЛАПТЕВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ООО «БИОТРОФ+»,
georg-laptev@rambler.ru)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА РУБЦА У МОЛОДЫХ И ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ *RANGIFER TARANDUS* ИЗ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД*

С северным оленеводством в Российской Федерации прямо или косвенно связаны представители 18 коренных малочисленных народов, которые включают свыше 130 тысяч человек, преимущественно сельских жителей. Статистические и исторические данные показывают, что за годы неоднократных экономических и идеологических реформ в сельском хозяйстве, интенсивного промышленного освоения территории Крайнего Севера только ненцы смогли сохранить оленеводство в полном объеме [1].

Известно, что рубец северных оленей населен симбиотическими микроорганизмами: бактериями, грибами, археями, простейшими. Микрофлора рубца северного оленя играет важную роль в ферментации растительных кормов [2-3]. В летний период олени находятся на пастбищном содержании, их рацион состоит из смеси многолетних трав и кустарников. Зимой рацион северного оленя на 70% состоит из лишайников, которые очень токсичны для многих животных, например, для овец, коров из-за содержания в них усниновой кислоты – метаболита лишайников. К немаловажным функциям анаэробной микрофлоры рубца северных оленей относят ее способность к детоксификации вторичных фенольных метаболитов лишайников: усниновой кислоты и др. [3-4]. Современные знания о микробной экосистеме рубца жвачных в значительной степени основана на результатах исследования КРС, овец [5].

Микробиом рубца у северного оленя меньше изучен по сравнению с другими животными, хотя его анализ представляет значительный интерес в связи с оценкой адаптационно-физиологических и анатомических особенностей организма, позволяющих использовать низкий по питательности рацион тундры и лесотундры. В настоящей работе выполнены молекулярно-генетические исследования микробиоценоза рубца северных оленей ненецкой породы, обитающих на территории Ненецкого автономного округа России [2].

Цель исследования заключалась в сравнительной оценке таксономического состава бактериального сообщества рубца молодых и взрослых особей *Rangifer tarandus*. Состав бактериального сообщества рубца анализировали методом NGS (Next Generation Sequencing). Установлено, что до 50,30% филоотипов относилось к филуму *Bacteroidetes*. В филуме *Firmicutes* отмечено 40,82% микроорганизмов от всего бактериального сообщества рубцовой жидкости. Менее представленными оказались *Proteobacteria*, *Spirochaetes*, *Euryarchaeota*, *Verrucomicrobia* и *Cyanobacteria*. Процентное соотношение представителей остальных филумов составляет менее 1% от всего бактериального сообщества. В течение онтогенеза у северных оленей наблюдались изменения в соотношении количества филоотипов

и таксономических групп микробиоты рубца. Наибольшие возрастные изменения были выявлены в составе филума *Firmicutes*. В рубце у телят общее содержание целлюлозолитических бактерий родов *Ruminococcus*, *Selenomonas*, обладающих потенциальной способностью к гидролизу углеводов растительных кормов с образованием летучих жирных кислот, было выше по сравнению со взрослыми особями, однако представителей рода *Streptococcus* было значительно меньше в рубцовом содержимом телят, чем у более взрослых животных. Выявлено незначительное количество условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Был выявлен высокий процент рода *Treponema* филума *Spirochaetes* у обеих возрастных групп.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования были телята в возрасте полгода и взрослые особи (2-5 лет) северных оленей *Rangifer tarandus* Ненецкой породы. Образцы содержимого рубца отбирали в осенне-зимний период в 2018 году. Образцы содержимого рубца отбирали от 3-х телят и от 5-ти взрослых животных.

Молекулярно-генетические исследования микробиоты рубца проводили в лаборатории компании ООО «БИОТРОФ+» (Санкт-Петербург) с применением NGS-анализа (Next Generation Sequencing) для определения структуры (процентного содержания) компонентов бактериального сообщества. Они позволяют детектировать и определять содержание низко представленных микроорганизмов в сообществе рубца.

В данной работе мы впервые выполнили молекулярно-генетические исследования методом NGS – секвенирования рубцовой жидкости северных оленей в осенне-зимний период, обитающих на территории Ненецкого-автономного округа. Выделение тотальной ДНК для проведения молекулярно-биологических анализов осуществляли согласно методике, описанной в Маниатиса с соавторами (Маниатис и др., 1984), Ильиной (Ильина, 2013) и Ушаковой с соавторами (Ушакова и др., 2013), в собственной модификации. Тотальную ДНК из исследуемых образцов выделяли с использованием набора «Genomic DNA Purification Kit» («Fermentas, Inc.», Литва), следуя рекомендациям производителя. Концентрацию полученной ДНК определяли с помощью флуориметра Qubit («Invitrogen, Inc.», США) с использованием наборов «Quant-iT dsDNA Broad-Assay Kit» («Invitrogen, Inc.», США), согласно рекомендациям производителя. Амплификацию для последующего проведения NGS-секвенирования проводили с использованием ДНК-амплификатора Verity («Life Technologies, Inc.», США) с помощью эубактериальных праймеров (IDT, 343F 5'-CTCCTACGRRSGCAGCAG-3') и 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3'), фланкирующих участок V1V3 гена 16S рРНК. Метагеномное секвенирование осуществляли на геномном секвенаторе MiSeq («Illumina, Inc.», США) с набором MiSeq Reagent Kit v3 («Illumina, Inc.», США). Максимальная длина полученных последовательностей составила 2 x 300 нт. Химерные последовательности были исключены из анализа с помощью программы [7]. Обработка полученных ридов 2 x 300 нт происходила с помощью биоинформатической платформы «CLC Bio GW 7.0» («Qiagen», Нидерланды) и включала в себя перекрывание, фильтрацию по качеству (QV>15), триммирование праймеров. Определение таксономической принадлежности микроорганизмов до рода проводили с применением программы [8].

Результаты исследования. В результате исследований установлено (табл.), что в микробиоте рубца исследованных нами особей *Rangifer tarandus* было выявлено 25 филумов, значительное содержание представителей было отнесено к филумам *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* и *Spirochaetes*. В меньшей степени в сообществе рубца оказались представлены бактерии филумов *Proteobacteria*, *Spirochaetes*, *Euryarchaeota*, *Verrucomicrobia* и *Cyanobacteria*. Остальные филумы составляют менее 1% от всего бактериального сообщества. Полученные результаты в целом соответствуют современным представлениям о микробиоте рубца как жвачных в целом, так и северных оленей в частности.

Таблица. Интегральные показатели содержания бактерий в рубце северных оленей (NGS-секвенирование), %

| Встречаемость таксона, % | Телята (6 месяцев) | Взрослые особи (3-5 лет) |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Филум <i>Bacteroidetes</i> , в т.ч. | 47,37 | 50,30 |
| Род <i>Dysgonomonas</i> | 6,37 | 6,20 |
| Род <i>Paraprevotella</i> | 3,90 | 4,06 |
| Род <i>Sphingobacterium</i> | 5,52 | 4,55 |
| Род <i>Prevotella</i> | 22,25 | 24,74 |
| Род <i>Sphingobacterium</i> | 5,52 | 4,55 |
| Филум <i>Firmicutes</i> , в т.ч. | 40,82 | 37,62 |
| Род <i>Blautia</i> | 5,35 | 4,20 |
| Род <i>Clostridium</i> | 2,45 | 2,36 |
| Род <i>Lachnospira</i> | 1,33 | 1,20 |
| Род <i>Succiniclaticum</i> | 6,96 | 6,55 |
| Род <i>Ruminococcus</i> | 5,22 | 3,83 |
| Род <i>Selenomonas</i> | 1,06 | 0,50 |
| Род <i>Streptococcus</i> | 0,52 | 2,22 |
| Филум <i>Proteobacteria</i> , в т.ч. | 1,84 | 2,05 |
| Семейство <i>Enterobacteriaceae</i> | 0,02 | 0,02 |
| Семейство <i>Enterococcaceae</i> | 0,08 | 0,06 |
| Семейство <i>Campylobacteraceae</i> | 0,11 | 0,12 |
| Филум <i>Spirochaetes</i> , в т.ч. | 2,25 | 2,15 |
| Род <i>Treponema</i> | 2,18 | 2,06 |
| Филум <i>Actinobacteria</i> | 0,64 | 0,75 |
| Филум <i>Verrucomicrobia</i> | 1,47 | 2,14 |
| Филум <i>Tenericutes</i> | 0,27 | 0,32 |
| Филум <i>Cyanobacteria</i> | 1,42 | 0,97 |
| Филум <i>Euryarchaeota</i> | 2,61 | 1,41 |
| Филум <i>Planctomycetes</i> | 0,17 | 0,13 |
| Филум <i>Nitrospirae</i> | 0,60 | 0,55 |
| Филум <i>Chloroflexi</i> | 0,53 | 0,56 |
| Филум <i>Synergistetes</i> | 0,26 | 0,51 |

Известно, что ряд представителей таксонов *Bacteroidetes* и *Firmicutes* проявляют способность к детоксикации усниновой кислоты и других вторичных метаболитов, продуцируемых лишайниками. Кроме того, они синтезируют целлюлозолитические ферменты, способные расщеплять клетчатку, которая содержится в значительных количествах в растениях, входящих в состав кормовой базы северного оленя.

В зависимости от возраста животных в структуре микробиома рубцового содержимого северных оленей мы выявили ряд сходств и различий. Наибольшие возрастные изменения были выявлены в составе филума *Firmicutes*. В рубце у телят общее содержание целлюлозолитических бактерий родов *Ruminococcus*, *Selenomonas*, обладающих потенциальной способностью к гидролизу углеводов растительных кормов с образованием летучих жирных кислот, было достоверно выше по сравнению со взрослыми особями, однако представителей рода *Streptococcus* было значительно меньше в рубцовом содержимом телят, чем у более взрослых животных.

Выявлено незначительное количество условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Количество данных бактерий с возрастом незначительно изменялось. Был выявлен высокий процент рода *Treponema* филума *Spirochaetes* в обеих возрастных группах. Трепонема являются возбудителями спирохетозов.

Выводы. Следует отметить, что по сообщению авторов Л.А. Ильиной и Т.П. Дуняшева, при сравнении бактериального сообщества рубца северных оленей из разных регионов наблюдались заметные различия в их составе [6]. В данном исследовании животные обитали в одном ареале (с одинаковыми погодными условиями и одинаковым пастбищным рационом), поэтому различия в составе микроорганизмов, населяющих рубец, в процессе онтогенеза были выявлены в незначительном количестве.

**Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда для реализации научного проекта №17-76-20026 «Микробиоценоз рубца *Rangifer tarandus* Арктических регионов России как фундаментальная основа получения перспективных биотехнологий для сельскохозяйственных животных».*

Литература

1. Мухачев А.Д., Лайшев К.А. Мир северного оленя. – Норильск, 2007. – 14 с.
2. Тараканов Б.В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птицы. – М.: Научный мир, 2006. – 188 с.
3. Orpin C.G., Mathiesen S.D., Greenwood Y., Blix A.S. Seasonal changes in the ruminal microflora of the high-arctic Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) // Applied and Environmental Microbiology. – 1985 – V. 50(1). – P.144-151.
4. Sundset M.A., Kohn A., Mathiesen S.D., Praesteng K.E. *Eubacterium rangiferina*, a novel uscing acid-resistant bacterium from the reindeer rumen // Natirwissenschaften. – 2008. – V. 95. – P.721-749.
5. Jami E., Mizrahi I. Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals // PLoS ONE. – 2012. – V. 7(3): e33306.
6. Ильина Л.А., Лайшев К.А., Ылдырым Е.А. и др. Сравнительный анализ бактериального сообщества рубца у молодых и взрослых особей *Rangifer tarandus* из арктических регионов России в летне-осенний период // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т.53. – №2. – С.355-363.
7. USEARCH [Электронный ресурс].- URL: <http://drive5.com/usearch>. (дата обращения: 20.02.2019).
8. RDP Classifier [Электронный ресурс].- URL: <https://rdp.cme.msu.edu/classifier/classifier.jsp>. (дата обращения: 20.02.2019).

Literatura

1. Muhachev A.D., Lajshev K.A. Mir severnogo olenya. – Noril'sk, 2007. – 14 s.
2. Tarakanov B.V. Metody issledovaniya mikroflory pishchevaritel'nogo trakta sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i pticy. – M.: Nauchnyj mir, 2006. – 188 s.
3. Orpin C.G., Mathiesen S.D., Greenwood Y., Blix A.S. Seasonal changes in the ruminal microflora of the high-arctic Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) // Applied and Environmental Microbiology. – 1985 – V. 50(1). – P.144-151.
4. Sundset M.A., Kohn A., Mathiesen S.D., Praesteng K.E. *Eubacterium rangiferina*, a novel uscing acid-resistant bacterium from the reindeer rumen // Natirwissenschaften. – 2008. – V. 95. – P.721-749.
5. Jami E., Mizrahi I. Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals // PLoS ONE. – 2012. – V. 7(3): e33306.
6. Il'ina L.A., Lajshev K.A., Jyldyrym E.A. i dr. Sravnitel'nyj analiz bakterial'nogo soobshchestva rubca u molodyh i vzroslyh osobej Rangifer tarandus iz arkticheskikh regionov Rossii v letne-osennij period // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2018. – Т.53. – №2. – S.355-363.
7. USEARCH [Elektronnyj resurs].- URL: <http://drive5.com/usearch>. (data obrashcheniya: 20.02.2019).
8. RDP Classifier [Elektronnyj resurs].- URL: <https://rdp.cme.msu.edu/classifier/classifier.jsp>. (data obrashcheniya: 20.02.2019).

УДК 636. 3.033

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12084

Доктор с.-х. наук **А.Х. ХАЙТОВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, khaitov47@mail.ru)

Доктор с.-х. наук **А.Ф. ШЕВХУЖЕВ**
(ФГБНУ «Северокавказский федеральный научный центр», shevkhuzhevaf@yandex.ru)

Доктор с.-х. наук **Д.Р. СМАКУЕВ**
(Северокавказская государственная гуманитарно-технологическая академия)

ФОРМИРОВАНИЕ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У МОЛОДНЯКА ОВЕЦ КАРАЧАЕВСКОЙ ПОРОДЫ

Уровень мясной продуктивности определяется не только генетическими факторами, но и условиями кормления и содержания, упитанностью животного, а также возрастом при убое.

По мере увеличения живой массы и возраста молодняка замедляется синтез тканей, повышается расход кормов на получение прироста, изменяется химический и морфологический состав тела [1,2].

Изучением мясной продуктивности, а также откормочных и нагульных качеств молодняка в различных климатических зонах страны занимались многие ученые [3,4], которые отмечают, что ягнята наиболее скороспелы и сохраняют высокую энергию роста в основном от рождения до семи месяцев.

Таким образом, мясная продуктивность и биологические качества овец формируются в процессе онтогенеза под влиянием генотипических и паратипических признаков.

Животный организм в процессе индивидуального развития претерпевает ряд количественных и качественных изменений, поэтому установление закономерностей этих изменений имеет большое научное и практическое значение, так как, изучив их, можно сознательно управлять ими.

Масса тела является важным показателем для характеристики мясной продуктивности. Однако ее прирост не полностью раскрывает картину, за счет каких тканей произошло это увеличение.

Между живой массой и мясностью у овец существует определенная взаимосвязь [5,6].

Систематическое определение живой массы молодняка путем взвешивания является наиболее распространенным методом учета изменений величины тела. По данным таких взвешиваний можно определить скорость роста, как признак, имеющий важное хозяйственное значение: быстрорастущие животные, как известно, расходуют меньше питательных веществ на единицу прироста, чем животные с более медленным ростом, и при всех прочих равных условиях достигают быстрее своей хозяйственной зрелости. Поэтому сравнительное изучение возрастных изменений живой массы нескольких групп помесных ягнят и выявление наиболее скороспелой группы представляет большой практический интерес.

Цель исследования – изучить мясную продуктивность молодняка овец карачаевской породы в условиях горно-отгонного содержания.

Материалы, методы и объекты исследования. Мясную продуктивность устанавливали путем контрольных убоев животных. Убою подвергались по 5 типичных по живой массе животных из каждой группы соответствующего возраста. Для полной характеристики мясной продуктивности определяли сортовой и морфологический состав туш.

Результаты исследования. На живую массу ягнят как при рождении, так и в период дальнейшего роста и развития оказывают влияние пол, тип рождения, величина производителя и матки, время окота, условия кормления и содержания и другие, а также породность животного.

Динамика живой массы отражает общие биологические закономерности развития молодняка овец. Скорость изменения живой массы значительно сказывается на формировании мясных качеств молодняка.

Таблица 1. Динамика живой массы подопытного молодняка

| Возраст, мес. | Баранчики | | | | Ярки | | | |
|---------------|-----------|-------------------------|---------------------|------------|------|-------------------------|---------------------|------------|
| | n | Средняя живая масса, кг | Прирост живой массы | | n | Средняя живая масса, кг | Прирост живой массы | |
| | | | всего, кг | в сутки, г | | | всего, кг | в сутки, г |
| При рождении | 60 | 3,87±0,05 | – | – | 60 | 3,58±0,04 | – | – |
| 1 | 58 | 9,7±0,18 | 5,8 | 193,3 | 57 | 8,7±0,12 | 5,1 | 170,0 |
| 2 | 56 | 15,6±0,27 | 5,9 | 196,6 | 56 | 13,2±0,18 | 4,5 | 150,0 |
| 3 | 55 | 21,1±0,36 | 5,5 | 183,3 | 55 | 17,2±0,24 | 4,0 | 133,3 |
| 4 | 55 | 26,2±0,43 | 5,1 | 170,0 | 55 | 20,6±0,28 | 3,4 | 113,3 |
| 8 | 44 | 39,9±0,76 | 3,1 | 103,3 | 44 | 30,9±0,39 | 2,2 | 73,3 |
| 12 | 33 | 49,0±0,98 | 3,7 | 61,7 | 33 | 35,5±0,54 | 1,8 | 30,0 |

Как показывают материалы табл.1, прирост живой массы в молочный период у баранчиков находился в пределах от 5,1 до 5,9 кг ежемесячно и был выше, чем в группе ярок (от 3,4 до 5,1 кг), что отражает биологические закономерности развития молодняка от рождения до годовалого возраста. С возрастом темпы прироста снижаются. Аналогичная закономерность наблюдается и по среднесуточному приросту.

В период от рождения до отбивки (4 месяца) показатели среднесуточных приростов отличаются максимальными показателями (170,0–196,6 г – у баранчиков и 113,3–170,0 г – у ярок).

Наивысший среднесуточный прирост у ярок (170,0 г) наблюдался в первый месяц жизни, а у баранчиков (196,6 г) – во второй месяц. С возрастом у обеих групп среднесуточные приросты снижались.

В пастбищный период (4–8 месяцев) среднесуточный прирост у баранчиков снизился на 40% (со 170,0 до 103,3 г), а у ярок – на 35,3% (со 113,3 до 73,3 г). Среднесуточный прирост живой массы у баранчиков с 8-ми до 12-ти месяцев снизился на 40%, а у ярок – в 2,5 раза.

Овцы карачаевской породы, обладая достаточно хорошей скороспелостью, достигают к отбивке 55–60% массы взрослых животных. Благодаря этой способности ягнята этой породы могут использоваться для убоя в молочном возрасте. В наших исследованиях мясные качества ягнят изучались в различном возрасте (в возрасте 4, 6, 8, 10 и 12 месяцев) путем проведения контрольного убоя подопытных животных (по 5 голов в каждом возрастном периоде).

В табл.2 приведены результаты убоя баранчиков. Предубойная масса баранчиков I подопытной группы (возраст 4 месяца) составила 26,2 кг, что соответствует требованиям нормативных документов на ягнят-молочников.

Во II группе (6 месяцев) по сравнению с I группой предубойная масса увеличилась на 28,2%. В III группе (8 месяцев) предубойная масса увеличилась на 52,3%, в IV группе (10 месяцев) – на 72,9% и в V группе (12 месяцев) – на 87,0%.

Наиболее интенсивное прибавление предубойной массы было отмечено в молочный период, а также до 8-месячного возраста.

Масса парной туши баранчиков находилась в пределах от 11,79 до 25,03 кг и за 8 месяцев увеличилась в 2,1 раза (на 112%). Масса остывшей туши также увеличилась в 2,1 раза (от 11,6 до 24,4 кг), что составило 110%.

Отношение массы парной туши к предубойной массе находилось в пределах от 45,0 до 51,1% и с возрастом повысилось на 6,1 абс. процента; остывшей туши – соответственно от 44,3 до 48,8%, или на 4,5 абс. процента. Во все возрастные периоды туши баранчиков соответствовали требованиям нормативных документов.

Таблица 2. Результаты контрольного убоя молодняка разного возраста

| Возраст реализации на мясо, мес. | Предубойная живая масса, кг | | Масса тушки, кг | | | | Масса внутреннего жира, кг | | Убойная масса, кг | | Потери при охлаждении, кг | | Убойный выход, % | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|--------|------|
| | баранчики | ярочки | парной | | остывшей | | баранчики | ярочки | баранчики | ярочки | баранчики | ярочки | баранчики | ярочки | |
| | | | баранчики | ярочки | баранчики | ярочки | | | | | | | | | |
| 4 | M± m | 26,2 ± 0,73 | 20,6 ± 0,61 | 11,79 ± 0,45 | 9,64± 0,43 | 11,60 ± 0,41 | 9,40± 0,48 | 0,41 ± 0,10 | 0,37 ± 0,11 | 12,2± 0,44 | 10,01 ± 0,45 | 0,19 ± 0,10 | 0,24 ± 0,11 | – | – |
| | % | 100,0 | 100,0 | 45,0 | 46,8 | 44,3 | 45,6 | 1,6 | 1,8 | 46,6 | 48,6 | 1,7 | 2,5 | 46,6 | 48,6 |
| 6 | M± m | 33,6 ± 0,76 | 26,3 ± 0,68 | 15,68 ± 0,46 | 12,68 ± 0,46 | 15,31 ± 0,41 | 12,24 ± 0,41 | 0,58 ± 0,12 | 0,54 ± 0,13 | 16,28 ± 0,45 | 13,18 ± 0,46 | 0,36 ± 0,11 | 0,40 ± 0,13 | – | – |
| | % | 100,0 | 100,0 | 46,7 | 48,1 | 45,6 | 46,5 | 1,7 | 2,1 | 48,4 | 50,1 | 2,3 | 3,2 | 48,4 | 50,1 |
| 8 | M± m | 39,9 ± 0,80 | 30,9 ± 0,73 | 18,84 ± 0,48 | 15,44 ± 0,48 | 18,34 ± 0,46 | 15,00 ± 0,49 | 0,83 ± 0,14 | 0,63 ± 0,14 | 19,67 ± 0,47 | 16,07 ± 0,47 | 0,50 ± 0,16 | 0,44 ± 0,14 | – | – |
| | % | 100,0 | 100,0 | 47,2 | 50,0 | 46,0 | 48,5 | 2,1 | 2,1 | 49,3 | 52,0 | 2,7 | 2,2 | 49,3 | 52,0 |
| 10 | M± m | 45,3 ± 0,82 | 33,7 ± 0,74 | 22,79 ± 0,50 | 16,97 ± 0,53 | 22,24 ± 0,49 | 16,50 ± 0,43 | 0,84 ± 0,15 | 0,72 ± 0,17 | 23,63 ± 0,50 | 17,69 ± 0,48 | 0,55 ± 0,19 | 0,47 ± 0,16 | – | – |
| | % | 100,0 | 100,0 | 50,3 | 50,4 | 49,1 | 49,0 | 1,8 | 2,2 | 52,6 | 52,5 | 2,6 | 2,8 | 52,2 | 52,5 |
| 12 | M± m | 49,0 ± 0,90 | 35,4 ± 0,80 | 25,03 ± 0,53 | 18,17 ± 0,58 | 24,40 ± 0,50 | 17,30 ± 0,44 | 0,60 ± 0,16 | 0,66 ± 0,19 | 25,63 ± 0,52 | 18,83 ± 0,50 | 0,63 ± 0,09 | 0,87 ± 0,17 | – | – |
| | % | 100,0 | 100,0 | 51,1 | 51,3 | 49,8 | 48,9 | 1,2 | 1,9 | 52,9 | 53,2 | 2,5 | 4,8 | 52,3 | 53,2 |

В процессе охлаждения потери в зависимости от возраста убоя баранчиков составили 1,7–2,7%. Масса внутреннего жира по группам составила 1,2–2,1 кг. Ее увеличение отмечено в возрасте от 4-х до 8-месячного возраста (на 31,3%). В последующем (к 12-месячному возрасту) произошло снижение на 57,1%.

Убойная масса и убойный выход у баранчиков составили 12,2–25,63 кг и 46,6–52,3% соответственно. С возрастом данные показатели увеличились на 13,43 кг (в 2,1 раза) и 5,7 абс. процента.

Предубойная живая масса ярок находилась в пределах от 20,6 до 35,4 кг. Увеличение данного показателя с возрастом составило 71,8%.

Показатели массы парной туши подопытных животных (ярок) находились в пределах от 9,64 до 18,17 кг, увеличение составило 88,5%.

Показатели массы охлажденной туши составили соответственно 9,40–17,30 кг, или 84,0%.

Туши подопытных животных (ярок) во все возрастные периоды, за исключением 4-месячного возраста, удовлетворяли требованиям нормативных документов.

В процессе охлаждения потери в зависимости от возраста убоя составили 2,2–4,8%.

Масса внутреннего жира в зависимости от возраста составила 0,37–0,72 кг. Ее увеличение отмечено в возрасте от 4-х до 10-месячного возраста (на 94,6%). В последующем (к 12-месячному возрасту) произошло снижение на 8,3%.

Значение показателей убойной массы и убойного выхода у ярок составили 10,01–18,83 кг и 48,6–53,23% соответственно. С возрастом они увеличились на 8,82 кг (на 88,1%) и 4,6 абс. процента.

При сравнительном анализе результатов контрольного убоя разных половозрастных групп (баранчиков и ярок) необходимо отметить значительное превосходство баранчиков во все возрастные периоды по абсолютным показателям предубойной живой массы, массы парной и остывшей туши и убойной массы (27,2–38,4%, 22,0–37,8%, 22,3–38,2% и 22,4–36,1% соответственно). По показателю убойного выхода ярки превосходят своих сверстников на 1,0–2,7 абс. процента.

Морфологический состав туш баранчиков качественно различается по соотношению тканей (мышечной, костной и отложений жира), формирующих её мясность. Абсолютная и относительная масса мышц костей в тушах баранчиков всегда больше, чем в тушах одновозрастных валушков, отложение жира больше у последних [7].

Значение сортового состава туши обусловлено различной ценностью мяса с разных частей туши. Соотношение в туше мякоти и костей связано с породными особенностями.

Ведущим показателем в определении мясной ценности животного должно быть соотношение мякоти и костей в туше, которое также связано с упитанностью. По его данным, количество мякоти и костей у животных различного пола находятся в разной пропорции. Например, в тушках 8-месячных ярок соотношение массы мышечной и костной ткани составляет 7,2:1, у валушков – 6,7:1, у баранчиков – 6,4:1 [8].

Питательная ценность мяса и вкусовые качества различных частей туш неодинаковы. Единица протеина, отложенная в филейной части, равноценна по питательности двум единицам, отложенным на шее, хотя химический состав этого прироста будет одинаковый, поэтому стоимость мяса в значительной степени зависит от удельной массы тех или иных отрубов в туше. Для полной характеристики мясных качеств туш была проведена разделка и обвалка туш – по три туши молодняка каждого возрастного периода.

Таблица 3. Сортовой состав туш молодняка разного возраста

| Возраст реализации, мес. | Масса остывшей туши, кг | В том числе | | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------|------|-----------|------|
| | | I сорт | | II сорт | |
| | | масса, кг | % | масса, кг | % |
| Баранчики | | | | | |
| 4 | 11,60±0,33 | 10,18±0,27 | 87,8 | 1,41±0,06 | 12,2 |
| 6 | 15,32±0,48 | 13,51±0,44 | 88,2 | 1,81±0,04 | 11,8 |
| 8 | 18,34±0,89 | 16,77±0,65 | 88,7 | 1,57±0,10 | 11,3 |
| 10 | 22,24±1,18 | 19,84±1,09 | 89,2 | 2,40±0,09 | 10,8 |
| 12 | 23,90±1,06 | 21,55±0,99 | 90,2 | 2,35±0,06 | 9,8 |
| Ярочки | | | | | |
| 4 | 9,40±0,41 | 8,33±0,36 | 88,6 | 1,07±0,07 | 11,4 |
| 6 | 12,24±0,61 | 11,01±0,92 | 89,9 | 1,23±0,04 | 10,1 |
| 8 | 15,00±0,33 | 13,42±0,34 | 89,5 | 1,58±0,10 | 10,5 |
| 10 | 16,50±0,52 | 14,80±0,50 | 89,7 | 1,70±0,03 | 10,3 |
| 12 | 17,30±0,38 | 15,65±0,36 | 90,5 | 1,65±0,05 | 9,5 |

В табл.3 приведены итоговые данные результатов сортовой разрубки туш баранчиков и ярок разных сроков реализации их на мясо, анализируя которые, можно отметить, что выход мяса первого сорта у баранчиков составил 10,18–21,55 кг (87,8–90,2%), а у ярочек – 8,33–17,30 кг (88,6–90,5%), при выходе второго сорта 9,8–12,2% и 9,5–11,4% соответственно. Масса I сорта у баранчиков увеличилась с возрастом на 111,7% и II сорта на 66,7%, в то же

время относительное их увеличение составило всего +2,4%. У ярок соответствующие показатели составили 87,8; 54,2 и +1,9%.

Представленные показатели подтверждают мнения других исследователей о том, что с возрастом сохраняется общая закономерность – доля отрубов наиболее ценного I сорта увеличивается, что связано с наращиванием мускулатуры.

Путем обвалки отдельных отрубов на мякотную часть и кости было определено соотношение мякоти и костей (табл. 4).

Анализируя данные, представленные в табл.4, можно отметить, что содержание мяса-мякоти в тушах баранчиков в зависимости от возраста уступает яркам на 0,9–2,3% и находится в пределах от 71,4% до 74,9%. Уже к 4-месячному возрасту содержание мякоти в группах подопытных животных составляет 71,7 и 72,6%, а к годовому возрасту оно увеличивается соответственно до 74,9 и 77,2%. Увеличение составляет всего 3,2–4,6%, что указывает на неравномерность наращивания мускулатуры с возрастом. Соотношение массы костей в тушах баранчиков составляет 24,8–19,3% (3,28–4,61 кг) и с увеличением возраста снижается на 5,5%; у ярок соответственно 2,01–3,20 кг, или 22,1–18,1%, что на 4,0% меньше.

Отложения жира в тушах баранчиков составляют 3,5–5,8% от массы туши и к годовалому возрасту увеличиваются на 2,3%. В группе ярок эти показатели составляют 5,3–5,8% и 0,5%.

Данные обвалки отрубов I сорта (табл.5) показывают, что масса тазобедренного отруба у баранчиков составила 3,49–7,81 кг и с возрастом увеличилась на 123,8%, поясничного – 1,16–3,16 кг, на 172,4% и лопаточно-спинного – 5,18–7,58 кг, на 46,3% соответственно.

Аналогичные изменения с возрастом произошли в отрубках I сорта у ярок. Так, тазобедренный отруб у них колебался в пределах 2,64–5,59 кг и с возрастом увеличился на 111,7%; поясничный соответственно 0,91–2,18 кг, на 139,6% и лопаточно-спинной – 4,37–7,27 кг, на 66,4%.

С возрастом у ярок хуже развивались тазобедренная (на 12,8%) и поясничная (на 32,8%) и лучше – лопаточно-спинная часть (на 20,1%).

Таблица 4. Результаты обвалки туш молодняка разного возраста

| Показатели | Возраст реализации на мясо, мес. | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | 4 | | 6 | | 8 | | 10 | | 12 | |
| | кг | % | кг | % | кг | % | кг | % | кг | % |
| Баранчики | | | | | | | | | | |
| Масса туши, кг | 11,6±0,34 | 100,0 | 15,32±0,47 | 100,0 | 18,34±0,89 | 100,0 | 22,79±1,18 | 100,0 | 23,90±1,06 | 100,0 |
| В том числе: | | | | | | | | | | |
| мясо-мякоть | 8,32±0,22 | 71,7 | 11,04±0,45 | 72,1 | 13,51±0,75 | 73,7 | 16,95±0,95 | 73,9 | 17,90±0,84 | 74,9 |
| сало | 0,41±0,03 | 3,5 | 0,58±0,02 | 3,8 | 1,07±0,13 | 5,8 | 1,33±0,15 | 5,8 | 1,38±0,15 | 5,8 |
| кости | 3,28±0,09 | 24,8 | 3,70±0,13 | 24,1 | 3,76±0,13 | 20,5 | 4,51±0,07 | 19,8 | 4,61±0,08 | 19,3 |
| Ярки | | | | | | | | | | |
| Масса туши, кг | 9,40±0,43 | 100,0 | 12,27±0,61 | 100,0 | 15,00±0,33 | 100,0 | 16,50±0,52 | 100,0 | 17,30±0,38 | 100,0 |
| В том числе: | | | | | | | | | | |
| мясо-мякоть | 6,82±0,33 | 72,6 | 9,05±0,53 | 73,9 | 11,33±0,31 | 75,5 | 12,34±0,45 | 74,8 | 13,35±0,83 | 77,2 |
| сало | 0,50±0,07 | 5,3 | 0,67±0,09 | 5,5 | 0,82±0,04 | 5,5 | 0,96±0,08 | 5,8 | 0,82±0,04 | 4,7 |
| кости | 2,07±0,04 | 22,1 | 2,52±0,11 | 20,6 | 2,85±0,02 | 19,0 | 3,20±0,02 | 19,4 | 3,13±0,14 | 18,1 |

В зависимости от возраста реализации у баранчиков удельный вес тазобедренного отруба составляет 29,8–32,7%, поясничного – 9,9–13,2% и лопаточно-спинного – 40,1–44,3%. Причем показатели первого и второго отруба с возрастом увеличиваются на 2,9 и 3,3% соответственно, а третьего уменьшаются на 4,2%.

У ярок удельный вес тазобедренного отруба колеблется в пределах 28,1–32,3%, поясничного – 9,7–12,6% и лопаточно-спинного – 40,3–45,0%.

Анализ данных по содержанию мякоти и костей в отдельных отрубках показывает, что у баранчиков в тазобедренном отрубке содержание мякоти находится в пределах 86,2–88,1%, костей соответственно 11,9–13,8%; в поясничном – 81,0–84,5% и 15,5–19,0% и в лопаточно-спинном – 67,5–79,1% и 20,9–32,5%. Причем содержание мякоти с увеличением возрастом повышается, а костей – снижается.

У ярок содержание мякоти и костей в отдельных отрубках аналогично с показателями, установленными при разрубке и обвалке туш баранчиков. С повышением возраста содержание мякоти в тазобедренном отрубке несколько увеличивается и составляет 85,2–87,8%, костей – снижается и составляет 14,8–12,2%; в поясничном отрубке соответственно 81,3–84,9% и 18,7–15,1%; в лопаточно-спинном – 79,9–80,1 и 20,1–19,9%.

Относительная масса трех отрубков первого сорта в общей массе туши составляет у баранчиков 87,8–90,2% и ярочек – 88,6–90,5% и трех отрубков II сорта соответственно 9,8–12,2 и 9,5–11,4%; причем содержание первых с возрастом увеличивается, а вторых уменьшается.

Результаты обвалки туш молодняка разных сроков убоя по отрубам II сорта показывают, что масса отрубков II сорта как у баранчиков, так и у ярочек с возрастом увеличивается.

Так, у баранчиков масса зареза с увеличением возраста повысилась на 22,5%, предплечья на 53,1 и задней голяшки на 35,7%. У ярок соответственно 28,6; 40,4 и 37,5%.

Удельный вес всех отрубков II сорта в тушах подопытного молодняка составил: 9,8–12,2% – у баранчиков и 9,5–11,4% – у ярочек. С возрастом он снижается у баранчиков на 4,0% и ярок на 3,1%. Относительная масса зареза у баранчиков уменьшается с 4,2 до 2,5%, предплечья – с 5,5 до 4,1% и задней голяшки – с 2,4 до 1,6%; у ярок соответственно – с 3,8 до 2,6%, с 5,0 до 3,8 и с 2,6 до 1,9%.

Морфологический состав отрубков II сорта представляет меньшую ценность, чем у отрубков I сорта.

Тем не менее содержание мякоти в зарезе у баранчиков колеблется в пределах 31,3–41,7%, предплечья – 36,1–48,7 задней голяшки – 28,6–34,3% и с возрастом увеличивается. Содержание костей в отрубках II сорта с возрастом снижается.

Показатели морфологического состава отрубков II сорта у ярок аналогичны и сохраняют тенденцию, установленную на баранчиках.

Соотношение тканей в отрубках в большей мере зависит от их топографического расположения. Это способствует различной степени развития мышечной ткани и отложению жира на различных участках туш.

Выводы. Наивысшим среднесуточный прирост у ярок (170,0 г) и у баранчиков (196,6 г) наблюдался в первый и во второй месяцы жизни соответственно. С возрастом у обеих групп среднесуточные приросты снижались. В пастбищный период (4-8 месяцев) среднесуточный прирост у баранчиков снизился на 40%, а у ярочек – на 35,3%. Среднесуточный прирост живой массы у баранчиков с 8 до 12 месяцев снизился на 40%, а у ярочек – в 2,5 раза.

При сравнительном анализе результатов контрольного убоя равных половозрастных групп необходимо отметить значительное превосходство баранчиков во все возрастные периоды по абсолютным показателям предубойной живой массы, массы парной и остывшей туши и убойной массы (27,2–38,4%, 22,0–37,8%, 22,3–38,2% и 22,4–36,1% соответственно). По показателю убойного выхода ярки превосходят своих сверстников на 1,0–2,7 абс. процента.

С возрастом у карачаевской грубошерстной породы овец доля отрубков наиболее ценного I сорта стабильно увеличивается как у баранчиков, так и у ярочек, что связано с

наращиванием мускулатуры. Выход I сорта у баранчиков составил 10,18–21,55 кг (87,8–90,2%), а у ярочек – 8,33–17,30 кг (88,6–90,5%).

Литература

1. Гуткин С.С., Сиразетдинов Ф.Х. Биоконверсия протеина и энергии кормов в мясо, готовое к употреблению // Зоотехния. – 2001. – № 6. – С. 27–29.
2. Забелина М.В. Мясные качества и оптимизация сроков убоя баранчиков аборигенных пород // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – №.6. – С. 61–62.
3. Лушников В.П., Молчанов А.В. Влияние породного фактора на эффективность производства баранины в условиях Саратовского Заволжья // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 3. – С. 2–3.
4. Лушников В.П. Резервы производства баранины в Поволжье. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 2001. – 120 с.
5. Владимиров Н.И., Быков Д.А. Продуктивные и некоторые биологические особенности молодняка мясошерстной породы в условиях Алтайского края: монография. – Барнаул: Изд-во «ЦОП Спринт», 2010. – 100 с.
6. Абонеев В.В., Соколов А.Н., Омаров А.А. Весовой рост, откормочные и мясные качества молодняка овец при промышленном скрещивании // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 1. – С. 32–35.
7. Биркалова Е.И. Особенности формирования мясной продуктивности и качественных показателей мяса молодняка русских длиннотощехвостых овец в зависимости от пола и возраста: дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2016. – 154 с.
8. Хэммонд Д. Рост и развитие мясности у овец. – М: Сельхозгиз, 1937. – 440 с.

Literatura

1. Gutkin S.S., Sirazetdinov F.H. Biokonversiya proteina i energii kormov v myaso, gotovoe k upotrebleniyu // Zootekhniya. – 2001. – № 6. – S. 27–29.
2. Zabelina M.V. Myasnye kachestva i optimizaciya srokov uboaya baranchikov aborigennyh porod // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – 2006. – №.6. – S. 61–62.
3. Lushnikov V.P., Molchanov A.V. Vliyanie porodnogo faktora na effektivnost' proizvodstva baraniny v usloviyah Saratovskogo Zavolzh'ya // Ovtsy,kozy, sherstyanoedelo. – 2015. – № 3. – S. 2–3.
4. Lushnikov V.P. Rezervy proizvodstva baraniny v Povolzh'e. – Saratov: Privolzh. kn. izd-vo, 2001. – 120 s.
5. Vladimirov N.I., Bykov D.A. Produktivnye i nekotorye biologicheskie osobennosti molodnyaka myasosherstnoj porody v usloviyah Altajskogo kraja: monografiya. – Barnaul: Izd-vo «COP Sprint», 2010. – 100 s.
6. Aboneev V.V., Sokolov A.N., Omarov A.A. Vesovoj rost, otkormochnye i myasnye kachestva molodnyaka ovec pri promyshlennom skreshchivanii // Ovtsy,kozy, sherstyanoedelo. – 2010. – № 1. – S. 32–35.
7. Birkalova E.I. Osobennosti formirovaniya myasnoj produktivnosti i kachestvennyh pokazatelej myasa molodnyaka russkih dlinnotoshchekhvostyh ovec v zavisimosti ot pola i vozrasta: dis... kand. s.-h. nauk. – Saratov, 2016. – 154 s.
8. Hemmond D. Rost i razvitie myasnosti u ovec. – M: Sel'hozgis, 1937. – 440 s.

УДК 636.52/.58:637.4:576.31

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12091

Доктор с.-х. наук **О.В. ГОРЕЛИК**
(ФГБОУ ВО УрГАУ, olgao205en@yandex.ru)Канд. биол. наук **Л.Ш. ГОРЕЛИК**
(ООО «Сибайский мясокомбинат», lyalya17071989@mail.ru)Канд. биол. наук **С.Ю. ХАРЛАП**
(ФГБОУ ВО УрГАУ, proffuniver@yandex.ru)

ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЯИЦ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ В ХОДЕ РЕПРОДУКТИВНОГО ПЕРИОДА

Основной задачей яичного птицеводства является повышение продуктивности птицы и качества ее продукции для более полного удовлетворения потребностей населения в высококачественных продуктах питания [1, 2].

Пищевое яйцо относится к высокоценным диетическим продуктам питания, так как содержит в своем составе необходимые для организма человека питательные вещества: полноценные белки, содержащие незаменимые аминокислоты в оптимальном соотношении, что обуславливает усвояемость на уровне 96–98%; липиды, богатые фосфором (лецитин), витамины и т.д. [2, 3].

В условиях промышленного птицеводства наиболее важным показателем эффективности работы птицефабрики является количество производимых яиц. Однако при ориентации производства на количественные показатели, характеристика пищевой и биологической ценности яиц отстывает на второй план, что закономерно приводит к ухудшению их качества [3, 4, 5].

Проблема повышения продуктивности кур и качества яиц будет решаться на основе дальнейшей интенсификации птицеводческой отрасли, в том числе и за счет использования новых высокопродуктивных кроссов, приспособленных к конкретным климатическим и производственным условиям. В связи с этим комплексное изучение качества яиц является одним из основных путей его повышения и эффективности отрасли, а также позволит контролировать технологические условия и оперативно устранять причины, повлиявшие на изменение их свойств.

Изменения качества яйца, наблюдаемые в ходе репродуктивного периода и особенно в интенсивном птицеводстве, свидетельствуют о возможности регулирования качества яйца без нарушения свойственных им высоких питательных достоинств, которые можно охарактеризовать по величине таких признаков, как масса и форма яйца, масса желтка, белка, скорлупы и т.д. Поэтому проблема сохранения и регулирования полноценности яиц кур и повышения их качества приобретает все большее значение. Очевидно, что теоретической основой в решении данной проблемы является изучение закономерностей изменений качества яиц в ходе яйцекладки и выявление взаимосвязей между морфологическими и физико-химическими показателями яиц [6].

Целью исследований явилось изучение пищевых качеств яиц кур кросса «Ломанн-белый» в ходе репродуктивного периода и оценка характера и степени скоррелированности массы яйца с величиной морфологических и физико-химических показателей.

Материалы, методы и объекты исследования. Экспериментальная часть работы выполнена на базе ОАО «Челябинская птицефабрика» и в лабораториях ФГБОУ ВО «ЮУрГАУ». Объектом исследований являлись куры-несушки одновозрастного промышленного стада кросса «Ломанн-белый» в ходе яйцекладки, которые содержались в основных производственных корпусах, оборудованных клеточными батареями. Параметры микроклимата помещений поддерживались согласно рекомендациям по работе с соответствующим кроссом.

С целью оценки качества яиц равномерно отбирали с различных ярусов клеток и участков птичника по 20 штук непосредственно из клеток на 26, 52 и 80-й неделях репродуктивного периода.

Оценку яиц проводили по следующим физико-морфологическим показателям: масса яйца, индекс формы яйца, плотность и толщина скорлупы, индексы белка и желтка, единицы ХАУ. Определение данных показателей проводили следующим образом: 1) массу яйца и его составных частей путем взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 г; 2) плотность – с помощью солевых растворов различной концентрации; 3) индекс формы – с помощью штангенциркуля; 4) толщину скорлупы – с помощью прибора ПУД-1; 5) для белка и желтка определяли высоту, большой и малый диаметры растекания высотомером и кронциркулем, а по полученным данным рассчитывали индекс белка (желтка) путем деления его высоты на средний диаметр; 6) отношение массы белка к массе желтка получали путем деления массы белка на массу желтка; 7) единицы Хау по таблице, используя величину массы яйца (г) и высоту стояния наружного плотного белка (мм) при вылипании содержимого яйца на плоское стекло. Содержание в желтке каротиноидов и витамина А определяли колориметрическим методом, витамина В₂ в белке и желтке – флюориметрическим методом.

Продуктивность кур (в %) рассчитывали в целом по промышленному стаду за неделю (26, 52 и 80), соответствующую исследованию яиц.

Экспериментальный цифровой материал был подвергнут статистической обработке на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel – 2003». Достоверность различий между группами оценивали с учетом критерия Стьюдента, в соответствии с общепринятой методикой.

Результаты исследований. Морфологические и физико-химические показатели яиц, по которым проводят их оценку под влиянием различных факторов, подвержены значительной изменчивости, но наибольшей вариабельностью отличаются морфологические признаки и в значительно меньшей степени физико-химические, характеризующие содержимое яиц.

Одним из основных хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственной птицы является яичная продуктивность. Анализ яйценоскости кур-несушек показал, что данный показатель изменяется в ходе яйцекладки. Максимальный уровень продуктивности отмечен в начале и середине репродуктивного периода, минимальный – в конце (табл. 1).

При производстве яиц большое значение имеет не только количество полученных яиц за определенный период, но и их качество.

Масса яйца – важнейший физический показатель пищевой и товарной ценности, определяющий продуктивность птицы. Так, на 26-й неделе яйцекладки масса яйца составила в среднем $57,7 \pm 0,81$ г, а на 80-й – $62,2 \pm 1,86$ г. Следовательно, за период исследований масса яиц возросла на 5,5 г. Увеличение массы яиц обусловлено изменением абсолютной массы составляющих его компонентов, а именно: масса белка в ходе репродуктивного периода увеличилась на 4,50-4,99%; желтка – на 6,8-14,9%; скорлупы – на 4,4-18,8%.

Следует обратить внимание на тот факт, что хотя абсолютная масса белка изменялась незначительно, но его относительное содержание в яйце снизилось с $56,57 \pm 0,67\%$ на 26-й неделе яйцекладки кур до $53,97 \pm 0,96\%$ на 80-й неделе; относительная масса желтка за этот период возросла с $30,99 \pm 2,47\%$ до $32,53 \pm 1,00\%$, а скорлупы – с $12,44 \pm 0,89\%$ до $13,50 \pm 0,89\%$. Эти данные указывают на то, что по мере увеличения массы яиц увеличивается относительное содержание желтка и снижается содержание белка, что и отражается на их соотношении: отношение белка к желтку уменьшается, а желтка к белку, соответственно, возрастает. Следовательно, хотя уровень питательной ценности яйца возрастает в ходе репродуктивного периода, но доля белка и желтка в ее поддержании определяется сроком яйцекладки. На этом фоне увеличивается как абсолютная, так и относительная масса скорлупы, что отражается на ее качестве (табл. 1).

Таблица 1. Соотношение составных частей яйца в зависимости от срока репродуктивного периода (n=20), X±Sx

| Показатель | Сроки репродуктивного периода, недель | | |
|---|---------------------------------------|-------------|-------------|
| | 26 | 52 | 80 |
| Яичная продуктивность, % | 95,0 | 94,0 | 80,0 |
| Масса яйца, г | 57,7±0,81 | 60,29±1,40 | 63,20±0,86* |
| Масса белка, г | 32,64±0,55 | 34,27±0,91 | 34,11±1,06 |
| Масса желтка, г | 17,88±0,39 | 18,52±0,68 | 20,56±0,21* |
| Масса скорлупы, г | 7,18±0,14 | 7,50±0,11 | 8,53±0,15* |
| Отношение составных частей яйца к массе яйца, % | | | |
| - белок | 56,57±0,67 | 56,84±0,64 | 53,97±0,96 |
| - желток | 30,99±2,47 | 30,72±0,71 | 32,53±1,00 |
| - скорлупа | 12,44±0,89 | 12,44±0,28 | 13,50±0,89 |
| Отношение массы белка к массе желтка | 1,95±0,076 | 1,57±0,049* | 1,74±0,063 |
| Отношение массы желтка к массе белка | 0,49±0,024 | 0,63±0,02* | 0,57±0,02* |

Примечание * - $p \leq 0,05$ по отношению к 26-й неделе репродуктивного периода

Качество скорлупы определяется ее толщиной, относительной массой и плотностью яйца. Толщина скорлупы в основном определяет ее прочность и, следовательно, сопротивление механическому разрушению [3]. Высокий показатель толщины скорлупы и ее процентное содержание имели яйца кур в конце репродуктивного периода (80 нед.) по отношению к яйцам, полученным от кур несушек в начале яйцекладки (26 нед.) ($p \leq 0,05$). Так, в среднем за учетный период толщина скорлупы повысилась с $365,0 \pm 6,99$ мкм до $378,0 \pm 7,09$ мкм. Косвенно толщину скорлупы отражает плотность яйца. При повышении толщины скорлупы повышалась и плотность яиц – с $1,070 \pm 0,002$ г/см³ до $1,078 \pm 0,002$ г/см³ (табл. 2).

Форма яиц является важным показателем качества. К форме яиц предъявляют высокие требования. Это связано с тем, что стандартные яйца лучше сохраняются при транспортировке. Форму яиц характеризуют с помощью индекса формы (процентного отношения малого диаметра яйца к большому). Индекс формы в норме для некалиброванных яиц должен составлять 74-78%. Чем выше показатель индекса формы яиц, тем яйца более округлые, а чем ниже, тем яйца более втянутые и удлинённые [4, 5, 6].

В наших исследованиях индекс формы яиц колебался в пределах 74,9-75,5% (табл. 2). При этом увеличение массы яиц сопровождалось возрастанием величины индекса формы.

Таблица 2. Морфологические показатели яиц (n=20), X±Sx

| Показатель | Сроки репродуктивного периода, недель | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| | 26 | 52 | 80 |
| Плотность яиц, г/см ³ | 1,070±0,0009 | 1,072±0,0008 | 1,078±0,22* |
| Толщина скорлупы, мкм | 365,0±0,50 | 373,0±1,23 | 378,0±1,11* |
| Индекс формы | 74,9±3,30 | 72,4±3,08 | 71,5±2,8 |
| Высота белка | 7,16±0,17 | 7,67±0,30 | 6,89±0,15 |
| Средний диаметр белка | 84,16±0,61 | 88,9±0,69* | 90±1,41* |
| Индекс белка | 0,084±0,22 | 0,084±0,22 | 0,076±0,22* |
| Высота желтка | 17,04±0,24 | 17,52±0,26 | 17,68±0,20 |
| Средний диаметр желтка | 40,57±0,47 | 42,73±0,35* | 44,2±0,30* |
| Индекс желтка | 0,42±0,021 | 0,40±0,004 | 0,39±0,006 |
| Единица Хау | 84,4±1,27 | 86,0±1,71 | 82,5±1,08 |

Примечание * - $p \leq 0,05$ по отношению к 26-й неделе репродуктивного периода

Индекс желтка пищевых яиц колебался в пределах 39-42% и в ходе репродуктивного периода оставался практически без изменений с тенденцией к некоторому уменьшению (табл. 2). В начале яйцекладки он составил 42%, в середине – 40%, а в конце – уменьшился до 39%.

Одним из показателей качества пищевых яиц является индекс белка, который с возрастом птицы несколько уменьшается. Этот показатель составил на 26-й и 52-й неделях репродуктивного периода 8,4%, а 80-й неделе – 7,6% ($p \leq 0,05$), что соответствует нормативным показателям (табл. 2).

Из показателей качества белка самую высокую связь с его индексом имеют единицы Хау, так как оба эти показателя определяются на основании измерения высоты плотного белка. Оптимальные значения единиц Хау для куриных яиц 65-87. Анализируя полученные данные, видим, что в ходе репродуктивного периода этот показатель находился на уровне 82,5-84,4 условных единиц (табл. 2). Следует отметить, что показатели индекса белка и единиц Хау с возрастом птицы уменьшаются. Это может быть связано с увеличением времени пребывания яйца в яйцеводе несушки, а именно в матке, где происходит формирование скорлупы и поступление воды в белок.

Таблица 3. Содержание витаминов в белке и желтке яиц кур (мкг/г) (n=20), $\bar{X} \pm S_x$

| Показатель | Сроки репродуктивного периода, недель | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|
| | 26 | 52 | 80 |
| Каротиноиды | 15,60±0,29 | 16,18±0,27 | 16,90±0,43 |
| Витамин А | 7,23±0,23 | 7,45±0,26 | 7,81±0,41* |
| Витамин В ₂ в желтке | 4,28±0,22 | 4,56±0,34 | 5,19±0,23* |
| Витамин В ₂ в белке | 4,24±0,22 | 4,02±0,17* | 3,75±0,32 |

Примечание * – $p \leq 0,05$ по отношению к 26-й неделе репродуктивного периода

Питательная и биологическая ценность пищевых яиц определяется содержанием в них витаминов, которые относятся к незаменимым факторам питания и играют огромную роль в обмене веществ животного организма. В наибольшем количестве из водорастворимых витаминов в составе яйца содержится витамин В₂, из жирорастворимых – витамин А и его провитамины – каротиноиды.

Содержание витаминов в яйце определяется не только уровнем их поступления в организм кур-несушек в составе кормов, но и сочетанием, и соотношением питательных веществ и витаминов в кормовых смесях [4]. Кроме этого, на содержание витаминов в яйце оказывает влияние кросс птиц, условия содержания, время года, физиологическое состояние птицы и возраст птицы, а, следовательно, и срок репродуктивного периода.

Витамин В₂ (рибофлавин) содержится как в белке, так и в желтке яиц. При этом концентрация витамина В₂ в белке яиц должна составлять 1,5-5,0 мкг/г. В наших исследованиях содержание витамина В₂ в белке колебалось в пределах 3,75-4,24 мкг/г, что соответствует пределам нормы. Несмотря на это, уровень рибофлавина в белке яйца снижался в ходе яйцекладки. Следовательно, понижение относительной массы белка в яйце сопровождается соответствующим уменьшением содержания витамина В₂ (табл. 3).

Содержание витамина В₂ в желтке яиц составило на 26-й неделе репродуктивного периода 4,28±0,22 мкг/г, на 52-й неделе – 4,56±0,34 мкг/г и на 80-й неделе – 5,19±0,23 мкг/г при нормативном показателе 4,0-7,6 мкг/г, то есть уровень рибофлавина планомерно повышался, что является следствием увеличения как абсолютной, так и относительной массы желтка.

Жирорастворимый витамин А (ретинол) локализуется в желтке, его содержание в яйцах кур должно быть на уровне 7-12 мкг/г. Из представленных данных видно, что содержание витамина А в желтке яиц, полученных от кур-несушек на 26-й и 52-й неделях

яйцекладки, составило $7,23 \pm 0,23$ – $7,45 \pm 0,26$ мкг/г, а от несушек на 80-й неделе – $7,81 \pm 0,41$ мкг/г. Следовательно, насыщенность желтка ретинолом практически не зависит от срока яйцекладки. Вероятно, это связано с тем, что витамин А может депонироваться в печени несушек, а это определяет равномерность его использования в процессах биосинтеза компонентов яйца. Аналогичная зависимость прослеживалась и в отношении уровня каротиноидов в желтке яиц. Их содержание в яйце, полученном от кур в разные сроки репродуктивного периода, колебалось в пределах 15,6-16,9 мкг/г, что, во-первых, соответствует норме (15-20 мкг/г), а во-вторых – практически не изменяется в ходе яйцекладки.

Считаем, что на концентрацию витаминов в компонентах яйца влияют их физико-химические свойства, определяющие участие витаминов в биосинтетических процессах. При этом максимальный уровень витаминов в желтке содержится в конце репродуктивного периода, что, вероятно, связано с его абсолютной и относительной массой.

Важнейшим физическим показателем пищевой и товарной ценности яиц является масса яйца. Поэтому мы попытались оценить ее влияние на уровень морфологических и физико-химических показателей яиц с помощью корреляционного анализа (табл. 4).

Таблица 4. Значение коэффициентов корреляции массы яйца с морфологическими и физико-химическими показателями

| Показатель | Репродуктивный период, недель | | |
|------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| | 26 | 52 | 80 |
| Масса белка | $0,70 \pm 0,25$ | $0,91 \pm 0,15$ | $0,85 \pm 0,18$ |
| Масса желтка | $0,77 \pm 0,22^*$ | $0,77 \pm 0,22$ | $0,69 \pm 0,25$ |
| Масса скорлупы | $-0,78 \pm 0,23^*$ | $0,37 \pm 0,32$ | $0,06 \pm 0,35$ |
| Плотность яйца | $-0,43 \pm 0,31$ | $0,19 \pm 0,34$ | $-0,302 \pm 0,33$ |
| Толщина скорлупы | $0,032 \pm 0,35$ | $0,63 \pm 0,27$ | $0,53 \pm 0,29$ |
| Индекс формы | $0,77 \pm 0,22^*$ | $0,71 \pm 0,25^*$ | $0,60 \pm 0,28^*$ |
| Индекс белка | $0,79 \pm 0,21^*$ | $0,79 \pm 0,21^*$ | $0,58 \pm 0,28$ |
| Индекс желтка | $0,21 \pm 0,34$ | $0,033 \pm 0,35$ | $-0,204 \pm 0,34$ |
| Единицы Хау | $-0,72 \pm 0,24^*$ | $-0,067 \pm 0,35$ | $0,025 \pm 0,35$ |

Примечание * – $p \leq 0,05$ по отношению к 26-й неделе репродуктивного периода

Анализ значений коэффициентов корреляций позволил нам выявить следующие закономерности (табл. 4):

1. Масса яйца имеет положительный вид корреляционной связи с большинством морфологических показателей. Следовательно, изменение массы яйца обязательно влияет на величину морфологических показателей, и как следствие – питательные качества яйца.

2. Количество достоверных корреляций между массой яйца и морфологическими показателями зависит от срока яйцекладки. Наибольшее количество статистически значимых корреляций соответствует началу репродуктивного периода, для которого характерна наименьшая масса яйца, но наивысшее значение таких показателей, как индекс формы, белка и желтка, и единицы Хау. В ходе яйцекладки количество достоверных корреляций уменьшается и наименьшее количество достигает в конце репродуктивного периода. Следовательно, чем больше масса яйца, тем меньше величина данного показателя влияет на морфологические характеристики яиц и его питательные свойства.

3. В ходе яйцекладки независимо от срока репродуктивного периода масса яйца имела достаточно высокие значения коэффициентов корреляции с такими показателями, как масса белка и желтка, индекс формы и белка. Так, доля объяснимой дисперсии коэффициента корреляции между массой яйца и массой белка составила 49,0-82,8%; между массой яйца и массой желтка – 47,6-59,2%; между массой яйца и индексом формы – 50,4-

59,2% и, наконец, массой яйца и индексом белка – 33,6-62,4%. Следовательно, масса белка в среднем на 50% определяет такие морфологические показатели, как масса белка и желтка, индекс формы и белка, при этом наибольшая выраженность прямолинейной взаимосвязи между изучаемыми признаками характерна для 26-й недели репродуктивного периода.

Вывод. Таким образом, оценка яиц кур кросса «Ломан-белый» в ходе репродуктивного периода показала, что все морфологические показатели яиц соответствовали оптимальным значениям: индекс белка – от 7,6 до 8,4%, индекс желтка – от 39,0 до 42,0%, индекс формы – от 74,9 до 75,3, единицы Хау – от 82,5 до 84,4 условных единиц. Содержание витаминов в белке и желтке яиц находилось в границах нормы во все изученные периоды и составило: каротиноидов – от 15,6 до 16,9 мкг/г, витамина В₂ в белке и желтке яиц – от 3,75 до 4,24 мкг/г и от 4,28 до 5,19 мкг/г соответственно.

На уровень морфологических и физико-химических показателей влияет масса яиц. При этом она обнаруживает статистически значимую корреляционную взаимосвязь во все сроки репродуктивного периода с массой белка, массой желтка, индексом формы и белка. Следовательно, по массе яйца можно судить о величине вышеперечисленных показателей.

Литература

1. **Бобылева Г.А.** Птицеводство России // Птицеводство. – 2005. – №4. – С. 4-11.
2. **Кочиш И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б.** Птицеводство. – М.: Колос, 2004. – 407 с.
3. **Щербатов В., Сидоренко Л., Пахомова Т.** и др. Морфология яиц кур кросса УК – Кубань 123 // Птицеводство. – 2005. – № 11. – С. 18–19.
4. **Бородай В.П., Пономаренко Н.П., Мельник В.В.** Якість і безпека харчових яєць // Сучасне птахівництво. – 2006. – № 11. – С. 11-13.
5. **Методы контроля и оценки качества яиц.** Калибровка яиц: [методические рекомендации] / ВАСХНИЛ. – М., 1987. – 52 с.
6. **Бессарабов Б.Ф., Мишуков Н.П., Усов А.А.** и др. Методы оценки качества яиц // Эффективне птахівництво. – 2005. – №2(2). – С. 17-23.

Literatura

1. **Bobyleva G.A.** Ptitsevodstvo Rossii // Ptitsevodstvo. – 2005. – №4. – S. 4-11.
2. **Kochish I.I., Petrash M.G., Smirnov S.B.** Ptitsevodstvo. – M.: Kolos. 2004. – 407 s.
3. **Shcherbatov V., Sidorenko L., Pakhomova T.** i dr. Morfologiya yaits kur krossa UK – Kuban 123 // Ptitsevodstvo. – 2005. – № 11. – S. 18–19.
4. **Boroday V.P., Ponomarenko N.P., Melnik V.V.** Yakist i bezpeka kharchovikh yaets // Suchasne ptakhivnitstvo. – 2006. – № 11. – S. 11-13.
5. **Metody kontrolya i otsenki kachestva yaits.** Kalibrovka yaits: [metodicheskiye rekomendatsii] / VASKhNIL. – M., 1987. – 52 s.
6. **Bessarabov B.F., Mishurov N.P., Usov A.A.** i dr. Metody otsenki kachestva yaits // Efektivne ptakhivnitstvo. – 2005. – №2(2). – S. 17-23.

УДК 636.082.474

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12097

Канд. биол. наук **О.В. ЧЕПУШТАНОВА**
(ФГБОУ ВО УрГАУ, chepushtanova-ov@list.ru)Доктор биол. наук **Е.В. ШАЦКИХ**
(ФГБОУ ВО УрГАУ, evshackih@yandex.ru)Канд. биол. наук **И.В. РОГОЗИННИКОВА**
(ФГБОУ ВО УрГАУ, rogozinnikova.irina@yandex.ru)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНКУБАЦИИ ЯИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Развитие промышленного птицеводства тесно связано с совершенствованием технологии инкубации яиц. Объемы инкубации нарастают быстрыми темпами. Если речь идет о максимизации экономической прибыльности инкубатория, то необходимо увеличивать качество и количество выводимых цыплят на современном инкубационном оборудовании.

Соблюдение определенной технологии инкубации яиц и ветеринарно-санитарных мероприятий позволяет иметь стабильный процент вывода и передавать на выращивание здоровый и крепкий молодняк.

В целях сохранения инкубационных качеств яиц до закладки, обеспечения нормального режима инкубации и предохранения выведенного молодняка от неблагоприятных факторов в помещении инкубатория и в инкубаторах должны соблюдаться установленные параметры микроклимата [1, 2].

Замена оборудования или совершенствование его технологических свойств будет еще долго актуальным направлением. Наверное, потому, что это в конечном итоге ведет к меньшему числу, задействованного в процессе инкубации персонала, а в связи с этим увеличение заработной платы, повышается стимул к большей работоспособности, заинтересованность в новой технологии инкубации и, в общем, по птицеводческой промышленности [3].

Снижение затрат на энергоснабжение, обслуживание и оплату труда имеют большое значение, поэтому руководители птицеводческих предприятий готовы правильно инвестировать в приобретение новых технологий для повышения эффективности системы инкубации. Ведь именно в увеличении производства качественных цыплят лежит основа наращивания объемов на существующих производственных площадях [4, 5]. Все это свидетельствует о необходимости изучения и совершенствовании технологии инкубации, используя при этом современное инкубационное оборудование, данная тема работы является обоснованной, актуальной и представляет собой особый интерес.

Цель исследования – определить эффективность инкубации яиц в инкубационном оборудовании «Chick Master» и «Petersime».

Материалы, методы и объекты исследования. Для выполнения исследований был проведен производственный опыт в условиях птицефабрики «Рефтинская» Свердловской области. В производственном опыте было задействовано по 28800 шт. инкубационных яиц в подопытных группах. Для анализа эффективности инкубации яиц отобрали яйцо от кур кросса «Кобб 500» одного родительского стада, одного продуктивного возраста – 240 дней, хранившееся в одинаковых условиях (2 суток, при температуре 19°C, влажность 75%) и заложили в различное инкубационное оборудование фирмы «Chick Master» (США) и фирмы «Petersime» (Бельгия) (табл. 1).

Режим инкубации яиц в различном технологическом оборудовании соответствовал рекомендуемым параметрам микроклимата, все технологические процессы, операции и ветеринарно-санитарные мероприятия выполнялись последовательно в соответствии со схемой технологического процесса и соответствовали биологическим нормам инкубации,

постоянно контролировались с помощью дистанционной панели управления, прибора «Pressure controler», системы OvoScan, технологии Synchro-Hatch.

Таблица 1. Схема производственного опыта

| Группа | Количество инкубационных яиц, шт. | Условия инкубации |
|------------------------------|-----------------------------------|---|
| Контрольная | 28800 | Инкубационное оборудование фирмы «Chick Master» |
| Опытная | 28800 | Инкубационное оборудование фирмы «Petersime» |
| Продолжительность опыта, дн. | 21 | |

Прибор «Pressure controler» позволяет регулировать автоматически микроклимат в залах. Система OvoScan™ (2003 г.) в автоматическом режиме замеряет текущую температуру на границе между эмбрионом и окружающей средой (на яичной скорлупе), являющуюся критерием теплообмена [6].

Технология Synchro-Hatch синхронизирует выводные профили с процессом вывода цыплят. Synchro-Hatch осуществляет мониторинг процесса и автоматически определяет жизненные признаки развивающегося эмбриона, позволяя системе генерировать нужную окружающую среду для оптимального процесса вывода. Synchro-Hatch автоматически определяет точное время всех проклевываний в воздушную камеру, автоматически рассчитывает время вылупления всех цыплят и запускает следующий этап инкубационных параметров для подготовки к выводу. Эти действия позволяют сократить время вывода, повышают качественные показатели цыплят и производительность инкубатория. Технология Synchro-Hatch позволяет экономить расход энергии благодаря возможности регулировать скорость вращения пульсатора в соответствии с процессом инкубации [7].

Изучение показателей инкубации на разном инкубационном оборудовании и качества суточного молодняка проводили на основании расчетов по нижеуказанным методам. Методы определения показателей инкубации: *оплодотворенность яйца* – это количество яиц, дающих эмбриональное развитие (оплодотворенных яиц) от числа заложенных в инкубатор, выраженное в процентах; *вывод молодняка* – это количество выведенного молодняка от числа заложенных на инкубацию яиц, выраженное в процентах; *выводимость яиц* – это количество выведенного кондиционного (пригодного для выращивания) молодняка от оплодотворенных яиц, выраженное в процентах. Оценку суточных цыплят производят визуально по экстерьерным показателям и выборочно для оценки партии путем вскрытия по ОСТ 10329-2003 «Суточный молодняк кур. Технические условия», по методике ВНИТИП и рекомендаций компании «Cobb» по методу Песгара. При оценке обращают внимание на внешний вид, устойчивость на ногах, подвижность и активность. При оценке их делят на кондиционных, некондиционных и калек.

Экономическую эффективность определяли по затратам на инкубацию и прибыли от полученного кондиционного молодняка.

Результаты исследования. Анализ результатов инкубации яиц кросса «Кобб 500» в различном инкубационном оборудовании фирмы «Chick Master» и фирмы «Petersime» показал преимущество инкубационного оборудования «Petersime» (табл. 2).

Выводимость яиц – показатель, характеризующий как состояние родительского стада, условий получения и хранения инкубационных яиц, так и работу инкубационного оборудования.

Анализируя данные табл. 2, видно, что результаты инкубации яиц на инкубационном оборудовании машин фирмы «Petersime» (опытная группа) по сравнению с оборудованием фирмы «Chick Master» (контрольная группа) имели следующие преимущества: при одинаковом показателе оплодотворенности яиц – 95,8-95,9%, выводимость их составила 96,9

и 92,3% соответственно (рис. 1). Следовательно, инкубационное оборудование фирмы «Petersime» обеспечивает увеличение выводимости яиц на 4,6% по сравнению с инкубационным оборудованием фирмы «Chick Master».

Таблица 2. Результаты инкубации яиц кросса «Кобб 500»

| Показатели | Инкубационное оборудование | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------|
| | Chick Master | Petersime |
| Закладка яиц на инкубацию, шт. | 28800 | 28800 |
| Оплодотворенность яиц, % | 95,9 | 95,8 |
| Количество кондиционных цыплят, шт. | 25488 | 26640 |
| Вывод молодняка, % | 88,5 | 92,5 |
| Неоплодотворенное яйцо, % | 4,1 | 4,2 |
| Кровяное кольцо, % | 0,7 | 0,7 |
| Замершие эмбрионы, % | 1,5 | 0,7 |
| Задохлики, % | 2,0 | 0,7 |
| Уродства, % | 0,7 | 0,7 |
| Слабые, % | 2,5 | 0,5 |
| Выводимость яиц, % | 92,3 | 96,9 |

Показатель – вывод молодняка, характеризует эффективность результатов инкубации от общего количества заложенных яиц в инкубатор (рис. 1).

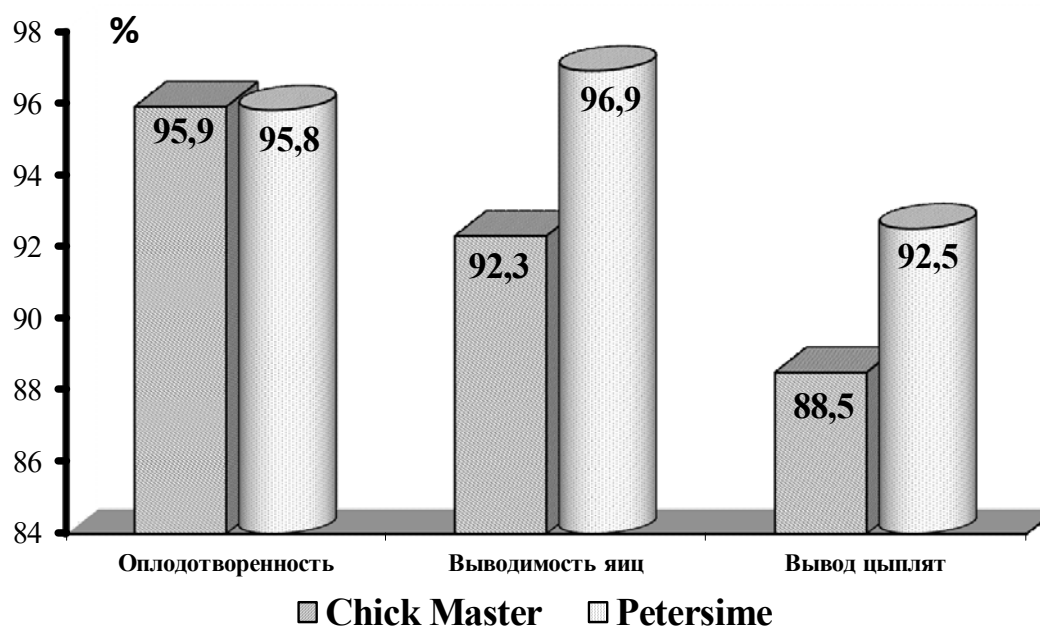


Рис. 1. Результаты инкубации яиц на различном инкубационном оборудовании

Вывод молодняка из инкубационного оборудования фирмы «Petersime» и фирмы «Chick Master» составил 92,5 и 88,5% соответственно, или на 4% больше. При этом количество кондиционных цыплят, полученных из опытной группы, составило 26640 штук, из контрольной – 25488 штук, что на 1152 гол., или 4,5% больше, чем при инкубации в инкубационном оборудовании «Chick Master» (рис. 2, 3).

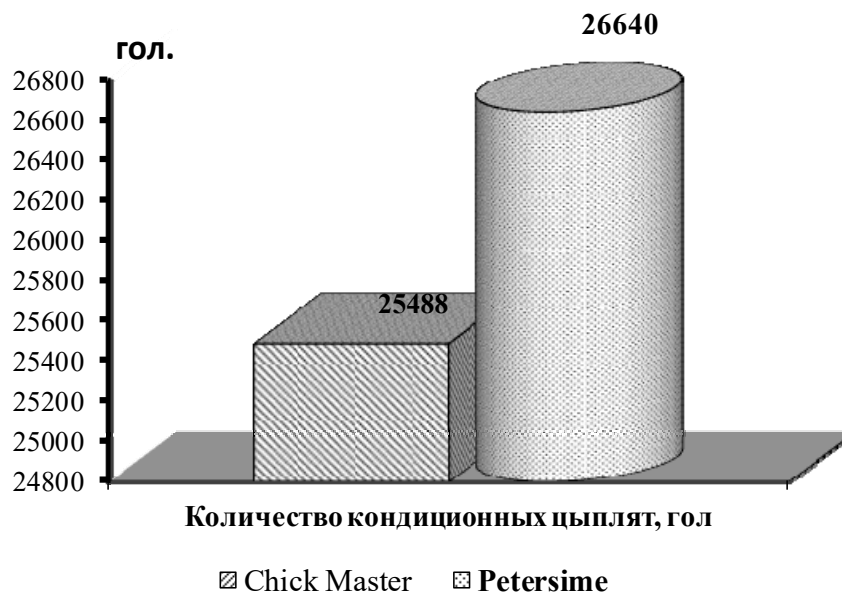


Рис. 2. Количество кондиционных цыплят, гол.

Анализ категорий отходов инкубации показал, что количество отходов инкубации первой категории, включающее неоплодотворенное яйцо и эмбрионы, погибшие в первые 2 суток, и второй категории, включающее погибшие эмбрионы кровяное кольцо, на различном инкубационном оборудовании было практически одинаковое и в пределах допустимых значений, по количеству неоплодотворенных яиц – 4,1-4,2%, по количеству эмбрионов кровяное кольцо – 0,7%. По количеству отходов инкубации третьей категории (замершие эмбрионы) и четвертой категории («задохлики») можно говорить о преимуществе инкубационного оборудования фирмы «Petersime» (опытная группа) в технологии и режиме инкубации яиц. Так, количество замерших эмбрионов и «задохликов» уменьшается на 0,8 и 1,3% соответственно (рис. 3).

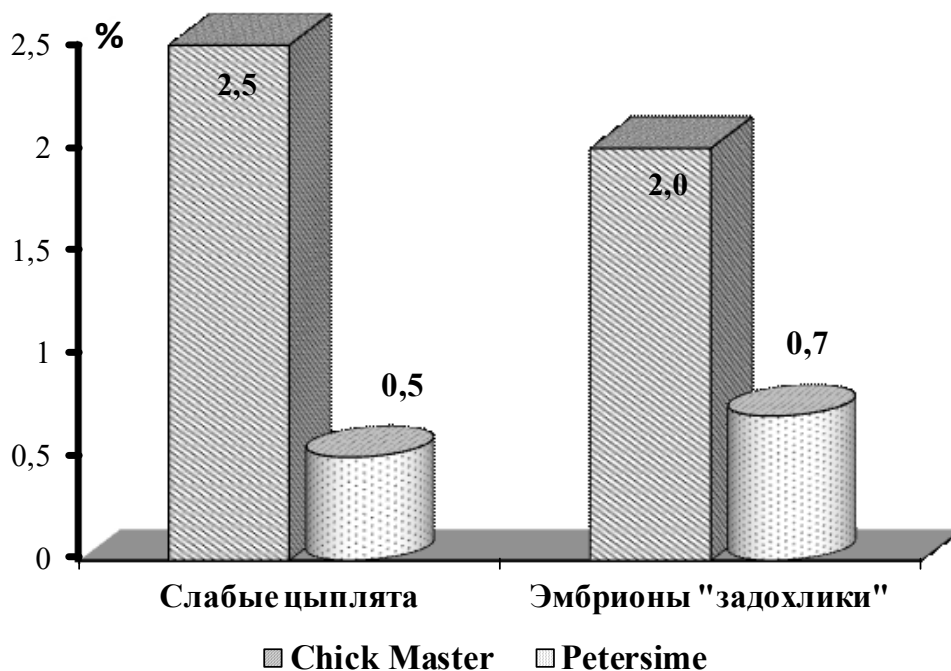


Рис. 3. Количество слабых цыплят и «задохликов», %

Качество суточных цыплят, выведенных на разном инкубационном оборудовании, оценивали визуально в соответствии с ОСТ 10329-2003 «Суточный молодняк кур».

Технические условия»; по методике ВНИТИП и рекомендации компании «Cobb» по методу Песгара через 12–18 часов после вылупления по экстерьерным признакам, живой массе, интерьерным показателям. Так, количество кондиционных цыплят, полученных в результате инкубации в инкубационном оборудовании фирмы «Petersime», было на 1152 гол., или 4,5% больше, чем в инкубационном оборудовании фирмы «Chick Master», при этом количество слабых цыплят было на 2% меньше. Кроме того, выведенный молодняк на оборудовании фирмы «Petersime» имел самую высокую оценку – 9,7 балла по шкале Песгара (норматив – не менее 9,5), превосходя данный показатель у молодняка, выведенного на оборудовании фирмы «Chick Master», на 0,4 балла и на 0,2 балла нормативного значения.

По результатам анализа инкубации проведен расчет экономической эффективности работы различного инкубационного оборудования птицефабрики «Рефтинская». Показатели экономической эффективности представлены в расчете на 28800 заложенных яиц (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность использования различного инкубационного оборудования

| Показатели | Инкубационное оборудование | |
|---|----------------------------|-----------|
| | Chick Master | Petersime |
| Заложено яиц на инкубацию, шт. | 28800 | 28800 |
| Количество кондиционного молодняка, шт. | 25488 | 26640 |
| Отходы инкубации, шт. | 3312 | 2160 |
| Затраты на выведенного молодняка, руб. | 33359,45 | 27792,92 |
| Затраты на 1 гол. выведенного молодняка, руб. | 1,39 | 1,04 |
| Цена реализации 1 гол, руб. | 30 | 30 |
| Стоимость суточных цыплят, руб. | 764360 | 799200 |
| Дополнительная прибыль от продажи суточных цыплят, руб. | – | 40406,53 |

По данным табл. 3 видно, что при одинаковом количестве заложенных яиц на инкубацию в инкубационные машины фирм «Petersime» и «Chick Master» (28800 шт.) количество выведенного кондиционного молодняка из инкубационной машины «Petersime» на 1152 гол. больше, что обеспечивает снижение затрат на 1 голову выведенного молодняка на 0,35 руб., при этом дополнительно может быть получено до 40406,53 руб. с одной партии в 28800 шт. яиц при реализации суточного молодняка по цене 30 руб.

Выводы. В связи с нарастающими объемами производства каждый год, есть необходимость внедрения на производстве нового инкубаторного парка. Внедрение нового оборудования позволяет не только сократить затраты и повысить производительность труда, но и, что не менее важно, расширить производственную мощность. Кроме того, замена оборудования позволяет сохранить и даже улучшить качество полученного кондиционного молодняка, обеспечивающее в дальнейшем скорость роста цыплят. Анализ технологии инкубации яиц кросса «Кобб 500» на оборудовании фирмы «Chick Master» и фирмы «Petersime» показал, что увеличивается выводимость яиц на 4,6%, вывод молодняка на 4%, количество кондиционных цыплят на 4,5%, при этом снижается количество слабых цыплят на 2% и «задохликов» на 1,3%, при инкубации яиц на инкубационных машинах бельгийской фирмы «Petersime». Внедрение нового инкубационного оборудования фирмы «Petersime» обеспечивает наибольшую экономическую эффективность. С целью совершенствования технологии инкубации на птицефабриках необходимо инкубировать яйцо современных кроссов в инкубаториях с современными энергосберегающими инкубационными машинами, при соблюдении всех параметров микроклимата, режимов инкубации, ветеринарно-санитарных мероприятий и точного контроля за технологическим процессом с помощью современных приборов.

Литература

1. **Synchro-Hatch™** [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.thepoultrysite.com/focus/petersime> (дата обращения: 01.03.2019).
2. **Wilson H.R.** Questions incubation and chick hatchability problem analysis / HR Wilson – University studies in Florida, USA. – 2004. – 42 p.
3. **Еременко С.В.** Инкубаторий сегодня // Перспективное птицеводство. – 2013. – №3. – 32 с.
4. **Данилов Р.** Инкубаторы «Чик Мастер» // Птицеводство. – 2007. – №11. – 12 с.
5. **Дядичкина Л. Ф. и др.** Инкубация – процесс творческий // Птицеводство. – 2013. – № 1. – С. 6–14.
6. **Техническое описание инкубаторов новой серии S-line.** Petersime, 2014. – 20 с.
7. **Tong A., McGonnell I.M., Romanini C.E., Berckmans D., Bergoug H., Roulston N., Garain P., Demmers T.** Effect of high CO₂ during the final 3 days of incubation on the timing of hatching in chick embryos. CIGR – International conference of agricultural engineering, Valencia, Spain, July 8–12, 2012.

Literatura

1. **Synchro-Hatch™** [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.thepoultrysite.com/focus/petersime> (data obrashcheniya: 01.03.2019).
2. **Wilson H.R.** Questions incubation and chick hatchability problem analysis / HR Wilson – University studies in Florida, USA. – 2004. – 42 p.
3. **Eremenko S.V.** Inkubatorij segodnya // Perspektivnoe pticevodstvo. – 2013. – №3. – 32 s.
4. **Danilov R.** Inkubatory «CHik Master» // Pticevodstvo. – 2007. – №11. – 12 s.
5. **Dyadichkina L.F. i dr.** Inkubaciya – process tvorcheskij // Pticevodstvo. – 2013. – № 1. – S. 6–14.
6. **Tekhnicheskoe opisanie inkubatorov novoj serii S-line.** Retersime, 2014. – 20 s.
7. **Tong A., McGonnell IM, Romanini CE, Berckmans D., Bergoug H., Roulston N., Garain P., Demmers T.** Effect of high CO₂ during the final 3 days of incubation on the timing of hatching in chick embryos. CIGR – International conference of agricultural engineering, Valencia, Spain, July 8-12, 2012.

УДК 636.087

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12102

Канд. с.-х. наук **Л.Т. ВАСИЛЬЕВА**
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, ludamila51@mail.ru)
 Канд. ветеринар. наук **С.В. ЩЕПЕТКИНА**
 (ФГБОУ ВО СПбГАВМ, vetsvet77@yandex.ru)

ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМКИ «ЭЛЕСОЛ» НА КАЧЕСТВО СКОРЛУПЫ КУРИНЫХ ЯИЦ

Эффективность развития птицеводства определяется использованием высокопродуктивных яичных кроссов и современными высокоэффективными технологиями, а это усиливает внимание к полноценному кормлению птицы. При этом одним из важнейших условий является обеспечение птиц жизненно необходимыми макро- и микроэлементами в определенных пропорциях [1,2,3,4].

Многочисленными исследованиями, проведенными у нас в стране [2,4,5,6,7,8 и др.] и за рубежом [11,12], доказана необходимость дополнительного введения в рационы птицы как отдельных минеральных элементов, так и их комплексов, влияющих не только на рост, развитие, сохранность и продуктивность птицы, но и на качество получаемой продукции. Особое внимание при использовании минеральных подкормок в питании кур уделяется качественным показателям скорлупы, так как в экономическом аспекте низкое качество скорлупы – это значительные потери для производства, которые могут быть сокращены за

счет внедрения кормовых добавок. Одной из таких добавок является минерально-витаминная добавка «Элесол», хорошо растворимая в воде и содержащая фосфор, кальций, магний, натрий, цинк, марганец, медь и витамин D₃.

Целью исследования в связи с этим явилось определение влияния минерально-витаминной добавки «Элесол» на качество скорлупы куриных яиц.

Исходя из цели исследования, были поставлены следующие задачи:

1. Определить влияние минерально-витаминной подкормки «Элесол» на биофизические качества скорлупы яиц кур кросса «Хайсекс коричневый» в период спада продуктивности.

2. Изучить влияние исследуемой кормовой добавки на биофизические показатели скорлупы генофондной популяции кур.

Материалы, методы и объекты исследования. Изучение влияния подкормки «Элесол» на качество скорлупы куриных яиц было проведено в условиях двух хозяйств Ленинградской области: ОАО «Птицефабрика Ударник» на курах-несушках промышленного стада кросса «Хайсекс коричневый» (научно – производственный опыт 1) и в ФГУП «Генофонд» Россельхозакадемии на курах генофондных популяций (научно– производственный опыт 2). Возраст птицы на начало исследования в первом опыте составил 448-450 сут., а во втором – 304-320 сут.

Методикой исследования было определено создание в каждом научно – производственном опыте двух групп кур аналогов (опыт и контроль). Опытная группа птицы через систему ниппельного поения вместе с питьевой водой в течение 3 дней получала «Элесол» в дозе 1000 мл на 1000 л воды, а контрольная группа получала только воду для поения.

Согласно методике от кур опытной и контрольной групп методом случайной выборки отбирались яйца для исследования морфо-биофизических качеств их скорлупы. Оценка производилась интактно (масса яиц, мраморность, упругая деформация и прочность скорлупы) и с нарушением целостности скорлупы (ее толщина и относительная масса) при использовании методик и приборов, разработанных на кафедре птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ.

В процессе работы были использованы описательный, сравнительный, табличный, биометрический, статистический методы исследования.

Методика исследования первого научно-производственного опыта

Работа проведена в два этапа. Для исследования по принципу групп аналогов были выбраны два зала: зал №1– контрольная группа (8186 кур) и зал №2 – опытная группа (8026 кур).

На втором этапе исследования (через 2 недели после завершения первого этапа) эксперимент был повторен со сменой групп. На каждом этапе исследования определялись биофизические качества яиц. Кормление и содержание птицы было одинаковым и соответствовало требованиям фирмы, создателя кросса. Методика исследования представлена в табл. 1.

Методика исследования второго научно-производственного опыта

Второй научно-производственный опыт проведен на базе ФГУП «Генофонд» ВНИИГРЖ на племенной птице. Эксперимент осуществлялся также в два этапа. Для опыта были отобраны группы – аналоги. Птица содержалась в одном птичнике в секциях параллельно, разделенных технологическим проходом. Кормление контрольной и опытной групп осуществлялось одинаковыми по составу комбикормами. Методика исследования представлена в табл. 2.

Таблица 1. Методика исследования в ОАО «Птицефабрика Ударник»

| Этап | Длительность | Группа / зал | Голов, n | Предопытный период | | Опытный период | Заключительный период | |
|---|--------------|-----------------|----------|--------------------|---|--|-----------------------|---|
| | | | | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n=60) | | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n=60) |
| 1 | 3 дня | Контроль /зал 1 | 8186 | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n=60) | ОР + питьевая вода | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n=60) |
| | | Опыт /зал 2 | 8026 | ОР + питьевая вода | Оценка биофизических качеств яиц (n=60) | ОР + питьевая вода (1000 л.) + Элесол (1 л.) | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n=60) |
| Через 2 недели вторая выпойка подкормки | | | | | | | | |
| 2 | 3 дня | Контроль /зал 2 | 8026 | ОР + питьевая вода | | ОР + питьевая вода | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n=60) |
| | | Опыт /зал 1 | 8186 | ОР + питьевая вода | | ОР + питьевая вода (1000 л.) + Элесол (1 л.) | ОР + питьевая вода | Оценка биофизических качеств яиц (n=60) |

Таблица 2. Методика исследования в ФГУП «Генофонд» Россельхозакадемии

| Этап | Группа | Голов (n) | Предопытный период | | Опытный период (3 дня) | Заключительный период | |
|---------------------------------------|----------|-----------|--------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|---------------------------------------|
| | | | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) | | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) |
| 1 | Контроль | 347 | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) | ОР + питьевая вода | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) |
| | Опыт | 460 | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) | ОР + питьевая вода (1000 л.) + Элесол (1 л.) | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) |
| Через 2 недели вторая выпойка добавки | | | | | | | |
| 2 | Контроль | 347 | ОР + питьевая вода | | ОР + питьевая вода | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) |
| | Опыт | 460 | ОР + питьевая вода | | ОР + питьевая вода (1000 л.) + Элесол (1 л.) | ОР + питьевая вода | Оценка биофизич. качеств яиц (n = 80) |

Результаты исследования.*Результаты исследования первого научно-производственного опыта*

В литературе неоднократно подчеркивалось, что в конце периода использования при достоверно высокой массе яиц, скорлупа становится более тонкой и менее прочной, что обусловлено износом ее организма в этот период [9,10].

В связи с этим перед началом использования подкормки «Элесол» была предусмотрена оценка морфо-биофизических качеств скорлупы яиц, полученных от опытной и контрольной групп.

Установлено, что в предопытный период группы были достаточно выравнены по показателям качества яиц. Яйца обладали средним качеством скорлупы, о чем свидетельствует не только значение упругой деформации и коэффициент вариации, полученные от опытной ($22,66 \pm 0,48$ мкм, при CV-16,6%) и контрольной ($24,14 \pm 0,41$ мкм при CV -13,4%) групп, но и показатели прочности ($3,93 \pm 0,17$ и $3,61 \pm 0,14$ соответственно) и мраморности ($3,03 \pm 0,15$ и $3,48 \pm 0,13$). Толщина скорлупы яиц составила в контрольной группе $393,91 \pm 4,33$ мкм, а в опытной – $402,4 \pm 3,83$ мкм. Возможно, что высокие показатели качества скорлупы в предопытный период были обусловлены повышенным содержанием кальция (3,8%) и фосфора (0,6%) в рационе несушек в этой фазе кормления.

Первый этап опыта. Учитывая возраст птицы и полученные результаты крайних значений толщины скорлупы у исследуемых яиц контрольной (lim 310 и 465 мкм) опытной (lim 285 и 445 мкм) групп, была начата выпойка водного раствора кормовой добавки «Элесол». Результаты оценки биофизических качеств яиц от кур опытной и контрольной групп представлены в табл. 3.

Таблица 3. Биофизические качества интактных яиц первого этапа исследования

| Группа | Показатели биофизических качеств интактных яиц | | | |
|----------|--|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | масса яиц, г | мраморность, балл | упругая деформация скорлупы, мкм | показатель прочности скорлупы, балл |
| Контроль | $63,97 \pm 0,73$ | $2,83 \pm 0,71$ | $22,60 \pm 0,49$ | $3,61 \pm 0,15$ |
| Опыт | $65,61 \pm 0,75$ | $2,74 \pm 0,19$ | $23,51 \pm 0,60$ | $3,68 \pm 0,16$ |

Исследование биофизических качеств интактных яиц показало, что в обеих группах произошло увеличение массы яиц, однако в опытной группе масса яиц увеличилась на 1,64 г (2,56%) по сравнению с контрольной группой и на 0,58 г (0,89%) – с предопытным периодом. Как выяснилось, увеличение массы яиц происходило за счет увеличения доли желтка в структуре яйца. Так, в группе, получавшей с водой «Элесол», увеличение желтка составило 1,61% ($P \geq 0,999$), а в контроле – лишь 0,71%. Вероятно, увеличением массы яиц в обеих группах можно объяснить некоторое ухудшение качественных характеристик скорлупы по сравнению с предопытным периодом. Следует отметить увеличение толщины скорлупы в экваториальной части яиц на 1,49% по сравнению с предопытным периодом и на 1,89% – с контролем. Однако эти данные оказались статистически не достоверными.

Таким образом, при использовании препарата «Элесол» птице в возрасте 448-450 сут. при интенсивности яйценоскости 75-78% была обнаружена тенденция незначительного увеличения массы яиц, массы желтка и толщины скорлупы яиц в опытной группе по сравнению с предопытным периодом и контрольной группой.

Второй этап опыта. Для подтверждения полученных результатов через 2 недели было проведено повторное выпаивание «Элесола» (второй этап) при смене групп.

При исследовании биофизических качеств яиц, отобранных от опытной

(1 зал) и контрольной (2 зал) групп методом случайной выборки, было получено достоверное повышение массы яиц в опытной группе по сравнению с контролем на 2,19 г (3,37%) за счет увеличения доли белка, а также повышение на 1,5% прочности и 1,57% толщины скорлупы. Однако следует обратить внимание, что толщина скорлупы в обеих

группах по сравнению с предопытным периодом (на 8,18% – в контроле и на 4,26% – в опыте) снизилась, но в опытной группе это произошло в 1,92 раза слабее.

Результаты исследования второго научно - производственного опыта

Перед началом выпаивания курам-несушкам генотипного стада водного раствора кормовой добавки «Элесол» была проведена оценка биофизических качеств яиц. Результаты исследования представлены в табл.4.

Таблица 4. **Биофизические качества скорлупы яиц в предопытный и заключительный периоды исследования**

| Показатели | Опытная группа | | | Контрольная группа | | |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| | предопытн. период | заклучительный период | | предопытн. период | заклучительный период | |
| | | 1 этап | 2 этап | | 1 этап | 2 этап |
| Масса яйца,г | 56,17±0,78 | 55,65±0,85 | 57,27±0,65 | 55,37±0,70 | 54,78±0,82 | 56,62±0,7 |
| УД скорлупы, мкм | 28,72±0,17 | 28,60±0,17 | 25,97±0,14 | 29,44±0,16 | 29,07±0,19 | 26,82±0,15 |
| ППС, балл | 3,22±0,13 | 3,75±0,12 | 4,06±0,15 | 2,97±0,12 | 3,15±0,14 | 3,36±0,16 |
| Толщина скорлупы, мкм | 315,2±3,82 | 319,7±3,35 | 349,94±3,6 | 301,3±3,72 | 310,3±4,30 | 330,0±3,8 |
| Мраморность скорлупы, балл | 2,66±0,13 | 3,86±0,13 | 3,42±0,14 | 3,16±0,13 | 3,67±0,14 | 3,31±0,16 |
| Масса скорлупы, г % | 6,21±0,09 11,06 | 6,33±0,10 11,37 | 6,49±0,09 11,3 | 6,20±0,09 11,20 | 6,28±0,11 11,46 | 6,41±0,09 11,3 |

Данные анализа качества скорлупы яиц в обеих группах в предопытный период свидетельствовали о её низком качестве у исследуемых яиц и о их большой изменчивости как в контрольной, так и в опытной группах, особенно по упругой деформации (CV 20,51; 22,21%), мраморности (CV 35,76;44,74%), прочности скорлупы (CV 39,39; 36,96%), что может быть связано с нарушением минерально-витаминного кормления птицы. Однако следует указать, что скорлупа яиц в опытной группе была несколько лучше, чем в контроле: по упругой деформации – на 2,4%, прочности – на 8,4% и толщине скорлупы – на 3,58%.

На первом этапе исследования влияния подкормки «Элесол» на качество скорлупы после выпаивания ее водного раствора птице опытной группы в течение 3 дней были определены биофизические показатели качества скорлупы яиц. Результаты анализа представлены в табл. 4.

Анализ данных таблицы свидетельствовал, что показатели качества скорлупы на первом этапе исследования улучшались в обеих группах по сравнению с предопытным периодом. Причем качество скорлупы яиц в опытной группе после первой выпойки «Элесола» оказалось выше, чем в контроле: упругая деформация скорлупы в опытной группе снизилась на 1,64%, прочность скорлупы повысилась по сравнению с контролем на 19,04% ($P \geq 0,999$), мраморность скорлупы снизилась на 5,17% ($P \geq 0,999$) и скорлупа у яиц опытной группы стала толще на 3,03%. Исследование других биофизических показателей яиц при нарушении целостности скорлупы выявило незначительные изменения в структуре яиц опытной группы по сравнению с контролем за счет увеличения массы желтка на 0,8%, который стал более пигментирован в этой группе по сравнению с предопытным периодом (на 8,63%) и контролем (на 4,03%).

После 2-недельного перерыва опытной группе согласно методике возобновили дачу водного раствора минерально-витаминной подкормки «Элесол» (2 этап). Результаты анализа скорлупы яиц после второй выпойки «Элесола» птице приведены в табл. 4. Данные таблицы свидетельствуют о положительном влиянии подкормки на качество скорлупы яиц. Повторное выпаивание «Элесола» птице опытной группы привело к высокодостоверному

($P \geq 0,999$) улучшению скорлупы по всем изучаемым показателям по сравнению с предопытным периодом и значительному повышению качества скорлупы по сравнению с контролем. Так, в опытной группе упругая деформация скорлупы снизилась (улучшилась) по сравнению с предопытным периодом на 10,59% ($P \geq 0,999$), а по сравнению с контролем – на 3,27%; прочность скорлупы составила $4,06 \pm 0,15$ балла, что на 20,83% было выше, чем в контроле ($P \geq 0,999$), и на 26,09% выше, чем в предопытный период ($P \geq 0,999$). Подобная тенденция наблюдалась у показателя толщины скорлупы. В опытной группе толщина скорлупы составила $349,94 \pm 3,6$ мкм, что достоверно ($P \geq 0,999$) превышало предопытный период на 11,02% и контроль – на 6,04%. Мраморность скорлупы яиц на втором этапе исследования улучшилась на 28,57% ($P \geq 0,999$) по сравнению с предопытным периодом и на 3,32% по сравнению с контролем.

Выводы. На основании результатов, полученных при проведении двух научно-хозяйственных опытов по исследованию влияния минерально-витаминной подкормки «Элесол», можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшую эффективность на улучшение качества скорлупы куриных яиц оказывает подкормка при 2-кратном её введении с интервалом 2 недели в дозировке 1000 мл «Элесол» на 1000 л воды.

2. Использование минерально-витаминной подкормки наиболее эффективно на поголовье кур, качество скорлупы яиц которого ниже 25 мкм по упругой деформации, при прочности скорлупы 3 балла и ниже, и толщине скорлупы не выше 310 мкм.

3. Использование минерально-витаминной подкормки «Элесол» приводит к достоверному улучшению биофизических качеств скорлупы. Так, по сравнению с предопытным периодом упругая деформация скорлупы яиц снизилась на 10,59% ($P \geq 0,999$), а мраморность скорлупы – на 28,57% ($P \geq 0,999$), произошло увеличение её прочности на 26,09% ($P \geq 0,999$) и толщины скорлупы яиц на 11,02% ($P \geq 0,999$).

4. На основании результатов двух научно-производственных опытов установлено, что при введении в течение 3 дней водного раствора минерально-витаминной подкормки «Элесол» происходит достоверное увеличение массы желтка по сравнению с предопытным периодом на 0,67-1,61% ($P \geq 0,999$).

Литература

1. **Подобед Л.И.** Обеспечение птицы минеральными веществами //Птицефабрика. – 2005. – № 1. – С. 35-37.
2. **Околелова Т.М., Маркелова Н.Н.** О проблемах минерального питания современных высокопродуктивных кроссов кур//Птицеводство. – 2012. – №4. – С. 26-28.
3. **Петросян А.** Минеральное питание птицы: материалы XIX Международной конференции ВНАП «Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего». – Сергиев Посад, 2018. – С.299-303.
4. **Тимофеева Э.А.** Роль микроэлементов в рационе птиц //АгроРынок. – 2012. – №1. – С.34-36.
5. **Прохорова Ю.В., Гавриков А.В., Ёщик В.В.** Значение микроэлементов в жизнедеятельности птицы// Птицеводство. – 2016. – №6. – С.32-35.
6. **Подобед Л.И.** ИМК–идеальное минеральное питание для птицы// Птицеводство. – 2012. – №9. – С. 33– 36.
7. **Околелова Т.М., Зубарев В.Н.** Бутофан ОР способствует улучшению качества скорлупы//Птицеводство. – 2016. – №5. – С.5-7.
8. **Фисинин В.И., Егоров И.А. Щепеткина С.В.** Организация системы контроля инфекционных болезней птиц, применения антимикробных препаратов и выпуска безопасной продукции птицеводства. – СПб.: СПбГАВМ, 2018. – 536 с.
9. **Царенко П.П., Васильева Л.Т.** Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 280с.

10. Царенко П.П., Станишевская О.И., Федорова Е.С., Джолова М.Н. Проблемы качества скорлупы во второй половине периода яйцекладки: возможные причины и пути решения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 13. – С.46-49.
11. Balnave D. Calcium and carbonate supply in the shell gland of hens laying eggs with strong and weak shells and during and after rest from lay // Poultry Sc, 2012. – Vol.71, N 12. – p. 2035-2040.
12. Kleker D., Siske V., Zeman L. The egg shell a case study in improving quality by altering mineral metabolism – naturally // Poultry Industry. – 2007. – p. 23.

Literatura

1. Podobed L.I. Obespechenie pticy mineral'nymi veshchestvami // Pticefabrika. – 2005. – № 1. – С. 35-37.
2. Okolelova T.M., Markelova N.N. O problemah mineral'nogo pitaniya sovremennykh vysokoproduktivnykh krossov kur // Pticevodstvo. – 2012. – №4. – С. 26-28.
3. Petrosyan A. Mineral'noe pitanie pticy: materialy HИH Mezhdunarodnoj konferencii VNAP «Mirovye i Rossijskie trendy razvitiya pticevodstva: realii i vyzovy budushchego». – Sergiev Posad, 2018. – С.299-303.
4. Timofeeva E.A. Rol' mikroelementov v racione ptic // AgroRynok. – 2012. – №1. – С.34-36.
5. Prohorova YU.V., Gavrikov A.V., YOshchik V.V. Znachenie mikroelementov v zhiznedeyatel'nosti pticy // Pticevodstvo. – 2016. – №6. – С.32-35.
6. Podobed L.I. IMK–ideal'noe mineral'noe pitanie dlya pticy // Pticevodstvo. – 2012. – №9. – С. 33– 36.
7. Okolelova T.M., Zubarev V.N. Butofan OR sposobstvuet uluchsheniyu kachestva skorlupy // Pticevodstvo. – 2016. – №5. – С.5-7.
8. Fisinin V.I., Egorov I.A. SHCHepetkina S.V. Organizaciya sistemy kontrolya infekcionnykh boleznej ptic, primeneniya antimikrobnnykh preparatov i vypuska bezopasnoj produkcii pticevodstva. – SPb.: SPbGAVM, 2018. – 536 s.
9. Carenko P.P., Vasil'eva L.T. Metody ocenki i povysheniya kachestva yaic sel'skohozyajstvennoj pticy: uchebnoe posobie. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2016. – 280s.
10. Carenko P.P., Stanishevskaya O.I., Fedorova E.S., Dzholova M.N. Problemy kachestva skorlupy vo vtoroj polovine perioda jajcekladki: vozmozhnye prichiny i puti resheniya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 13. – С.46-49.
11. Balnave, D. Calcium and carbonate supply in the shell gland of hens laying eggs with strong and weak shells and during and after rest from lay // Poultry Sc, 2012. – Vol.71, N 12. – p. 2035-2040.
12. Kleker D., Siske V., Zeman L. The egg shell a case study in improving quality by altering mineral metabolism – naturally // Poultry Industry. – 2007. – p. 23.

УДК 636.592:636.082.2

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12108

Доктор биол. наук **В.П. ТЕРЛЕЦКИЙ**
(ВНИИГРЖ, valeriter@mail.ru)
Канд. биол. наук **В.И. ТЫЩЕНКО**
(ВНИИГРЖ, tinatvi@mail.ru)
Канд. биол. наук **Т.Э. ПОЗДНЯКОВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, erastovna@mail.ru)

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ПТИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЧЕНОГО ОЛИГОНУКЛЕОТИДНОГО ДНК-ЗОНДА*

Определенная генетическая обособленность пород индеек объясняется историей их выведения. Например, серебристая северокавказская порода, утвержденная в 2008 году, создавалась на основе скрещивания индеек палевой узбекской с белой широкогрудой породой [1, 2]. В последующем совершенствование популяции осуществляли «в себе». Белая

московская порода появилась в середине прошлого века при скрещивании местных птиц с индейками голландской и белтсвиллской селекции. Бронзовая северокавказская идея была создана и затем утверждена в 1956 году при участии бронзовых местных и широкогрудых индеек с последующим закреплением желательных признаков. Белая северокавказская выводилась на основе скрещивания северокавказской бронзовой с самцами белой широкогрудой породы, завезенной из Англии, с отбором на нужные признаки и белое оперение (была утверждена в 1975 году). Узбекская палевая индейка получилась при использовании в селекции узбекских местных бронзовых и белых широкогрудых индеек.

В промышленном птицеводстве, в частности, индейководстве, большое значение имеет выведение генетически различающихся линий, скрещивание которых позволяет добиться сочетания полезных генов и их аллелей, т.е. получить максимальный эффект гетерозиса. Молекулярно-генетические методы используют при выявлении особенностей генома птиц и расчета ряда популяционно-генетических параметров [3, 4]. Достаточно простым в исполнении, но ненадежным в плане воспроизводимости является генотипирование методом амплификации случайных последовательностей (RAPD) [5]. Используются также микросателлитные последовательности ДНК [3, 6] и гипервариабельные минисателлитные повторы [4], позволяющие выявить различия между особями на уровне организации генома. Большое внимание уделяют поискам и использованию генов, формирующих конкретные признаки птицы, такие как цвет оперения [7].

Цель исследования – выяснить возможности молекулярно-генетического анализа индеек четырех пород в изучении популяционно-генетических параметров и связать полученные результаты с историей выведения и совершенствования этих пород.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования служили индейки четырех пород Северо-Кавказской зональной опытной станции (СКЗОСП) в количестве 11 голов от каждой породы, от которых была взята кровь и выделена геномная ДНК.

Кровь отбирали в пробирки, содержащие этилендиаминтетраацетат (ЭДТА) в качестве антикоагулянта. Кровь замораживали до выделения ДНК. После размораживания образцы крови смешивали с равным объемом буфера TES (10 мМ трис, 20 мМ ЭДТА, 10 мМ NaCl, pH 7,5) и центрифугировали для осаждения ядер клеток. Последние лизировали с помощью детергента додецилсульфат натрия, белки в смеси расщепляли ферментом протеиназа К. Суспензию смешивали с равным объемом водонасыщенного фенола, встывали 10 мин. и центрифугировали при 12 000 об/мин. в течение 10 мин. Надосадочную жидкость, содержащую ДНК, отбирали в другую микропробирку. ДНК осаждали этанолом, а затем растворяли в буфере TE (10 мМ трис, 1 мМ ЭДТА, pH 7,5).

Первым этапом в анализе было ферментативное расщепление ДНК эндонуклеазой рестрикции *HaeIII*. Продукты расщепления подвергали электрофорезу в 0,8% агарозном геле в течение 44 часов при напряжении 50В. Разделенные по длине фрагменты ДНК переносили на нейлоновый фильтр под вакуумом в аппарате VacuGene XL Vacuum Blotting System™ (GE Healthcare).

Реакцию молекулярной гибридизации проводили в присутствии меченого дезоксигенином олигонуклеотидного зонда (ГТГ)5. Отмывка фильтра от невключившейся метки осуществлялась трехкратно. После этого места связывания зонда с геномными участками выявляли в иммуно-химической реакции с использованием конъюгата стрептавидин-щелочная фосфатаза. Конъюгат избирательно связывался с дезоксигенином, а фермент щелочная фосфатаза позволяла детектировать эти места на фильтре в цветной реакции с использованием специальных коммерчески доступных красителей NBT и BCIP. Все популяционно-генетические параметры рассчитывались по программе Gelstats™. Для построения филогенетического древа использовалась программа «Статистика 6» с использованием алгоритма UPGMA.

Результаты исследования. На фильтре анализировали популяционно-генетические параметры в группе, состоящей из белой московской, бронзовой северокавказской,

серебристой северокавказской и белой северокавказской породы (табл. 1). Бронзовая северокавказская показала низкие значения коэффициента сходства ($BS = 0,48$), так же как и белая северокавказская ($BS = 0,46$). Максимальное сходство внутри породы было у серебристой северокавказской ($BS = 0,71$).

Генетически близкими были бронзовые и белые северокавказские ($D = 0,020$), что хорошо согласуется с известной историей создания белой северокавказской породы (выведена в 70-е годы с использованием бронзовой северокавказской птицы), в то же время наиболее удаленными от других пород были серебристые северокавказские, в создании которых принимали участие узбекские палевые индейки. Последние, в свою очередь, выводились с использованием местных аборигенных пород.

Таблица 1. Популяционно-генетические параметры 4-х пород индеек Северо-Кавказской зональной опытной станции по птицеводству (СКЗОСП) – белая московская, серебристая северокавказская, бронзовая северокавказская и белая северокавказская, рассчитанные методом ДНК-фингерпринтинга с зондом (ГТГ)5 и программой Gelstats™

| Породы индеек | n | Полос на дорожку $X \pm m$ | P | BS ¹ | BS ² | D |
|------------------------------|----|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| Белая московская | 11 | 23,3±1,3 | 3,85 x 10 ⁻⁶ | 0,59 | 0,58 | 0,070 |
| Серебристая северокавказская | 11 | 24,2±1,0 | 2,94 x 10 ⁻⁴ | 0,71 | | |
| Белая московская | 11 | 23,3±1,3 | 3,85 x 10 ⁻⁶ | 0,59 | 0,50 | 0,035 |
| Бронзовая северокавказская | 11 | 18,3±2,1 | 1,59 x 10 ⁻⁶ | 0,48 | | |
| Белая московская | 11 | 23,3±1,3 | 3,85 x 10 ⁻⁶ | 0,59 | 0,49 | 0,035 |
| Белая северокавказская | 11 | 16,7±2,0 | 1,99 x 10 ⁻⁶ | 0,46 | | |
| Серебристая северокавказская | 11 | 24,2±1,0 | 2,94 x 10 ⁻⁴ | 0,71 | 0,52 | 0,075 |
| Бронзовая северокавказская | 11 | 18,3±2,1 | 1,59 x 10 ⁻⁶ | 0,48 | | |
| Серебристая северокавказская | 11 | 24,2±1,0 | 2,94 x 10 ⁻⁴ | 0,71 | 0,50 | 0,085 |
| Белая северокавказская | 11 | 16,7±2,0 | 1,99 x 10 ⁻⁶ | 0,46 | | |
| Бронзовая северокавказская | 11 | 18,3±2,1 | 1,59 x 10 ⁻⁶ | 0,48 | 0,45 | 0,020 |
| Белая северокавказская | 11 | 16,7±2,0 | 1,99 x 10 ⁻⁶ | 0,46 | | |

P – вероятность встречаемости двух особей с идентичным набором фрагментов ДНК;

BS¹ – коэффициент сходства внутри групп;

BS² – коэффициент сходства между группами;

D – генетическое расстояние

Внутрипопуляционная генетическая гетерогенность изучалась по критерию гетерозиготности (табл.2). В частности, было установлено, что наименьшая гетерозиготность была у серебристой северокавказской ($H = 0,35$), а наивысшей гетерозиготностью обладали индейки белой северокавказской породы ($H = 0,62$). Эти данные хорошо коррелируют с ранее полученными значениями по коэффициентам сходства внутри соответствующих пород (табл. 1). Белая северокавказская индейка была выведена путем скрещивания недавно по сравнению с другими породами (70-е годы XX века). Можно предположить, что у этой птицы сохранились генетические варианты исходных форм, что и обусловило повышенное разнообразие в популяции.

Специфические фрагменты были выявлены у всех четырех пород. Например, фрагмент №16 встречается с частотой 0,91 у белой московской и частотой всего 0,18 у серебристой северокавказской (табл. 3). Таким образом, данный фрагмент ДНК является маркерным для белой московской птицы и может быть использован при генетической паспортизации этой породы.

Таблица 2. Гетерозиготность в четырех породах индеек

| Породы индеек | n | Число локусов | Число аллелей | Число полиморф. локусов | H |
|------------------------------|----|---------------|---------------|-------------------------|------|
| Белая московская | 11 | 15,58 | 3,02 | 0,84 | 0,50 |
| Бронзовая северокавказская | 11 | 13,30 | 3,45 | 0,91 | 0,56 |
| Серебристая северокавказская | 11 | 17,98 | 2,28 | 0,67 | 0,35 |
| Белая северокавказская | 11 | 10,35 | 4,06 | 0,90 | 0,62 |

H – средняя гетерозиготность

Таблица 3. Специфические фрагменты ДНК и аллели, имеющие разную частоту встречаемости в четырех породах индеек

| №* | Частота фрагментов ДНК | | | | Частота встречаемости аллелей $q=1-\sqrt{1-p}$ | | | |
|----|------------------------|------------------|-----------------|----------------|---|------------------|-----------------|----------------|
| | Белая москов. | Серебр. северок. | Бронз. северок. | Белая северок. | Белая москов. | Серебр. северок. | Бронз. северок. | Белая северок. |
| 1 | 0,45 | 1,00 | 0,36 | 0,18 | 0,26 | 1,00 | 0,20 | 0,09 |
| 8 | 0,64 | 0,82 | 0,18 | 0,18 | 0,40 | 0,58 | 0,09 | 0,09 |
| 16 | 0,91 | 0,18 | 0,45 | 0,27 | 0,70 | 0,09 | 0,26 | 0,15 |
| 21 | 0,73 | 1,00 | 0,18 | 0,45 | 0,48 | 1,00 | 0,09 | 0,26 |
| 35 | 0,82 | 1,00 | 0,27 | 0,73 | 0,58 | 1,00 | 0,15 | 0,48 |
| 48 | 0,73 | 1,00 | 0,90 | 0,27 | 0,48 | 1,00 | 0,68 | 0,15 |

* Номер фрагмента ДНК на фильтре

Более наглядно генетические взаимоотношения в изученных породах представлены графически в виде дендрограммы (рис.). Серебристая северокавказская генетически наиболее удалена от остальных пород, в то же время белая северокавказская и бронзовая северокавказская являются близкими, что соответствует истории их создания (белая северокавказская порода выведена из бронзовой северокавказской и белой широкогрудой).

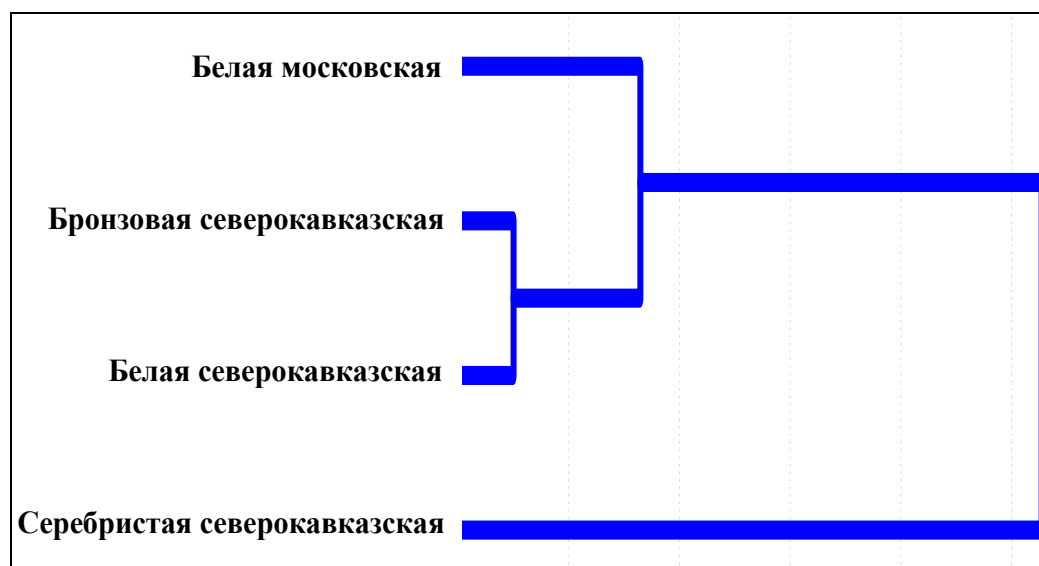


Рис. Дендрограмма генетических взаимоотношений в четырех породах индеек

Выводы. Молекулярно-генетический метод с использованием ДНК-зонда позволяет выявить как внутрипопуляционное разнообразие в породах индеек, так и рассчитать генетические расстояния между породами. Полученные результаты соответствуют истории выведения пород индеек. Кроме того, метод идентифицирует маркерные фрагменты ДНК,

являющиеся специфическими для отдельных популяций, которые можно использовать для паспортизации пород.

**Исследование выполнено при поддержке Государственного задания, № ГЗ АААА-А18-118021590138-1 по теме №0445-2019-0026.*

Литература

1. **Беленький Ю.В., Шинкаренко Л.А., Щербакова Н.Г., Терлецкий В.П.** Популяционно-генетические особенности индеек генофонда отечественной селекции // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 2. – С. 50-52.
2. **Погодаев В.А., Канивец В.А., Шинкаренко Л.А.** Использование серебристой северокавказской породы индеек в качестве материнской формы при гибридизации // Птица и птицепродукты. – 2012. – № 6. – С. 24-26.
3. **Фисинин В.И., Селионова М.И., Шинкаренко Л.А., Щербакова Н.Г., Кононова Л.В.** Исследование микросателлитных локусов в породах индеек российской селекции // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 4. – С. 739-748.
4. **Дементьева Н.В., Терлецкий В.П., Тыщенко В.И., Яковлев А.Ф.** Использование метода фингерпринтинга ДНК для изучения генетической дивергенции в популяциях сельскохозяйственных животных // Вестник РАСХН. – 2003. – № 1. – С. 79-80.
5. **Al-Barzinji Y.M.S., Fatah A.O.** Genetic diversity of domestic and commercial turkey breeds: assessment using RAPD-PCR technique // Malays. Appl. Biol. – 2016. – Vol. 45. – No 1. – P.65-68.
6. **Karsli T., Balcioglu M.S.** Genetic characterization and population structure of six brown layer pure lines using microsatellite markers // Asian-Australas J. Anim. Sci. – 2019.-Vol.32. – No1. – P. 49-57. doi: 10.5713/ajas.17.0870
7. **Corso J., Hepp D., Ledur M.C., Peixoto J.O., Nelson J. R. Fagundes N.J.R., Freitas T.R.O.** Genetic variation of the bronze locus (MC1R) in turkeys from Southern Brazil // Genet. Mol. Biol. – 2017. – Vol.40. – No 1. – P. 104–108. doi: 10.1590/1678-4685-GMB-2016-0136.

Literatura

1. **Belen'kij YU.V., SHinkarenko L.A., SHCHerbakova N.G., Terleckij V.P.** Populyacionno-geneticheskie osobennosti indeek genofonda otechestvennoj selekcii // Ptica i pticeprodukty. – 2017. – № 2. – S. 50-52.
2. **Pogodaev V.A., Kanivec V.A., SHinkarenko L.A.** Ispol'zovanie serebristoj severokavkazskoj porody indeek v kachestve materinskoj formy pri gibridizacii // Ptica i pticeprodukty. – 2012. – № 6. – S. 24-26.
3. **Fisinin V.I., Selionova M.I., SHinkarenko L.A., SHCHerbakova N.G., Kononova L.V.** Issledovanie mikrosatellitnyh lokusov v porodah indeek rossijskoj selekcii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2017. – T. 52. – № 4. – S. 739-748.
4. **Dement'eva N.V., Terleckij V.P., Tyshchenko V.I., YAKovlev A.F.** Ispol'zovanie metoda fingerprintinga DNK dlya izucheniya geneticheskoy divergencii v populyacijah sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh // Vestnik RASKHN. – 2003. – № 1. – S. 79-80.
5. **Al-Barzinji Y.M.S., Fatah A.O.** Genetic diversity of domestic and commercial turkey breeds: assessment using RAPD-PCR technique // Malays. Appl. Biol. – 2016. – Vol. 45. – No 1. – P.65-68.
6. **Karsli T., Balcioglu M.S.** Genetic characterization and population structure of six brown layer pure lines using microsatellite markers // Asian-Australas J. Anim. Sci. – 2019.-Vol.32. – No1. – P. 49-57. doi: 10.5713/ajas.17.0870
7. **Corso J., Hepp D., Ledur M.C., Peixoto J.O., Nelson J. R. Fagundes N.J.R., Freitas T.R.O.** Genetic variation of the bronze locus (MC1R) in turkeys from Southern Brazil // Genet. Mol. Biol. – 2017. – Vol.40. – No 1. – P. 104–108. doi: 10.1590/1678-4685-GMB-2016-0136

УДК 636.02

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12113

Доктор ветеринар. наук **О.К. СУХОВОЛЬСКИЙ**
Директор кинол. центра **А.В. МАМАЕНКО**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, sokvet@mail.ru)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЧЕЛОВЕКА СПЕЦИАЛЬНО ОБУЧЕННЫМИ СОБАКАМИ

На сегодняшний день есть много подтвержденных исследований о том, что собаки способны выявлять у человека онкологические заболевания по запаху. Опухоли из-за патологического метаболизма в раковых клетках выделяют определенные химические вещества, специфические для каждого типа онкологии. Эти летучие органические соединения и способны обнаружить собаки.

Врачи Х. Уильямс и А. Пемброк из дерматологического отделения больницы Кингс-Колледжа были первыми учеными, опубликовавшими исследования по этой теме в 1989 году в британском журнале «The Lancet» [1]. Они выявили, что собаки могут определить наличие злокачественных опухолей в различных органах, таких как легкие, кожа, яичники и мочевой пузырь. Они также обнаружили, что раковые клетки выделяют метаболические продукты, отличающиеся от тех, которые вырабатываются здоровыми клетками, поэтому животные могут обнаруживать канцерогенные летучие соединения в человеческих выделениях, таких как выдыхаемый воздух, моча или экскременты [1]. Кроме того, раковые клетки, как правило, метаболически более активны, чем здоровые.

В дальнейшем эти результаты были подтверждены исследованиями, проведенными во Франции, США, Великобритании, Италии и других странах. Кроме того, есть много примеров, где собаки без какого-либо специального обучения сигнализировали своим хозяевам о том, что в организме что-то идет не так.

Обонятельная способность собак в 1000 - 10000 раз выше (в зависимости от породы), чем у людей, так как у них 300 миллионов рецепторов в носовой полости, а у человека всего 5 миллионов. Также у собак есть вомероназальная система, включающая в себя дополнительный обонятельный орган – орган Якобсона, расположенный в верхней части неба, вомероназальный нерв, терминальный нерв и добавочную обонятельную луковицу, расположенную в переднем мозге. Эта система служит для распознавания различных химических соединений, летучих ароматных веществ и феромонов, которые, как правило, не ощущаются как запахи. Мозг собаки в 10 раз меньше, чем у человека, но при этом участок мозга, который отвечает за обоняние, больше в 40 раз. Поэтому мозг собаки обрабатывает запахи примерно в 40 раз быстрее, чем человеческий [2]. Эти факторы позволяют использовать собак для обнаружения различных веществ.

Одним из перспективных исследований в обнаружении онкологических заболеваний может стать обучение собак диагностике различных видов онкологических заболеваний, в том числе рака предстательной железы. Рак предстательной железы (РПЖ) является наиболее частым видом рака у мужчин. Согласно статистическим данным, смертность от РПЖ составляет 12,4% всех онкологических и 72% – онкоурологических заболеваний [3]. Одной из причин высокой смертности считается сложность ранней диагностики, так как практически отсутствуют первые симптомы болезни, и впервые пациенты обращаются к врачу уже с запущенным онкологическим процессом.

В настоящее время в диагностике РПЖ используется выявление в крови простат-специфического антигена (ПСА). Повышение уровня ПСА в крови до 10 нг/мл и выше, как правило, свидетельствует об онкологическом заболевании. Однако часто РПЖ протекает без повышения уровня ПСА и, наоборот, при высоком уровне показателя отсутствуют клинические признаки злокачественных процессов в простате. Поэтому пациенты с подозрением на РПЖ для подтверждения диагноза направляются на биопсию. Это

обследование является оперативным вмешательством и может стать причиной различных осложнений, включая сепсис и смерть [3]. Кроме того, с использованием биопсии далеко не всегда (иногда только в 70% случаев при первой биопсии) удается подтвердить диагноз рака предстательной железы, особенно на начальных стадиях заболевания, когда злокачественная опухоль еще имеет малые размеры [4].

Перечисленные факторы создают определенные трудности в дифференцированной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей, дальнейшем лечении больных РПЖ, что подтверждает актуальность поиска альтернативных методов диагностики данного заболевания.

Целью нашего исследования в связи с вышеперечисленным явилась разработка специальной методики обучения собак выявлению летучих органических соединений, выделяемых раковыми опухолями, для изучения возможности обнаружения рака предстательной железы у мужчин по образцам мочи.

Материалы, методы и объекты исследования. Как уже отмечалось, в научной литературе достаточно часто встречаются работы по успешному использованию специфической способности собак выявлять и обозначать летучие органические соединения из метаболизма раковых клеток (ЛОС) для диагностики различных онкологических заболеваний: рака кожи, рака легких, рака молочной железы, РПЖ и др. [1, 2, 4]. Авторы этих исследований считают, что существуют химические компоненты, соответствующие определенным типам рака, которые циркулируют в организме человека, и что собака может чувствовать их запах. Из обзора научных публикаций можно сделать вывод о наличии в моче человека ЛОС, специфичных для заболевания РПЖ, хотя достоверной информации о том, какие именно специфические органические соединения свидетельствуют о наличии заболевания, пока нет.

В некоторых публикациях возможности использования собак для диагностики онкозаболеваний подвергаются критике [5]. В них приводятся аргументы того, что потоковая диагностика заболеваний с использованием собак невозможна, так как в большинстве экспериментов создаются специальные условия, отличающиеся от условий в реальной лаборатории. Собаки, как и любые животные, могут устать, проголодаться, испугаться, непредсказуемо себя вести в непривычной обстановке, что приводит к снижению эффективности их работы. Использование собак для выявления заболеваний требует больших материальных ресурсов, связанных с их покупкой, обучением и содержанием. Главное, собака может только помочь предположить наличие заболевания, но точно его диагностировать и начинать лечение на этом основании нельзя.

С целью изучения вопроса о возможности использования специально обученных собак для обнаружения специфичных ЛОС, а следовательно, и получения информации о наличии у пациента РПЖ, было принято решение об обучении собак такой диагностике на базе кинологического центра Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. За основу были взяты данные из работы Д. Таверна, Л. Тиду, Ф. Гриззи и других об эксперименте, проведенном «Отделом урологии Клинического гуманитарного и научно-исследовательского центра» (Department of Urology, Humanitas Clinical and Research Center) г. Милана, на базе Военного ветеринарного центра Министерства обороны Италии [6]. Ученые отобрали двух немецких овчарок, служебных собак высочайшего класса, и дополнительно натренировали их на определение ЛОС, характерных для рака простаты. Далее собакам было «предложено диагностировать» образцы мочи 362 человек с опухолью и 540 здоровых. Первая собака опознала 100% проб с наличием онко-маркера, специфичность составила 98,7%. Вторая овчарка правильно определила 98,6% образцов с подтвержденным диагнозом РПЖ, специфичность составила 97,6%. На основании этого был сделан вывод, что обонятельная система собак может обнаруживать специфические летучие органические соединения рака простаты в образцах мочи с высокой чувствительностью и специфичностью.

В связи с тем, что в открытых публикациях акцент делается на результатах исследований, а используемая методика дрессировки собак практически не описывается, нами была поставлена задача разработать и апробировать такую методику самостоятельно, с использованием имеющегося опыта обучения собак поиску и обнаружению целевых запахов (наркотических средств, взрывчатых веществ и пр.).

Особое внимание в опыте было уделено подбору собак. Для подобных экспериментов животные должны тщательно отбираться из тех представителей породы, которые чаще используются в таможенных, силовых и других государственных структурах. К дрессировке по поиску веществ по запаху пригодны многие породы собак, хотя предпочтение следует отдавать таким породам, как бельгийская овчарка малинуа, немецкая овчарка (рабочего и спортивного разведения). Овчарки отличаются крепкой, уравновешенной нервной системой сангвинического типа с активными процессами возбуждения и торможения, в них сочетается выносливость, активность и заинтересованность в работе, хороший контакт с кинологом.

Можно рассматривать в качестве кандидатов и собак других пород служебного и охотничьего направления, например, породы русский охотничий спаниель (лучше от охотящихся родителей) или лабрадор, хотя у этих пород есть некоторые недостатки. Спаниели и кокер-спаниели не способны к длительному и заинтересованному поиску, их работоспособность уступает выносливости овчарок. С особым вниманием нужно тестировать собак породы доберман, терьер и шнауцер, учитывая, что они обладают легковозбудимой нервной системой с холерическим типом высшей нервной деятельности, что усложняет дрессировку. Лабрадоры, несмотря на их популярность в кинологических подразделениях, имеют низкую выносливость в работе по поиску и очень быстро теряют концентрацию при больших объемах работы.

В любом случае кандидаты, проходящие тестирование на пригодность к обучению, должны отбираться с учетом их здоровья и свойств нервной системы. Пригодность собак к работе оценивается по следующим критериям: способность к поиску предметов по запаху, типу, полу, возрасту, поведению с людьми, склонности к агрессии, состоянию здоровья, в первую очередь, нервной системы (степени возбудимости, уравновешенности, силы тормозного процесса). Особенности нервной системы собак определяются по их поведению в специально создаваемых ситуациях [7]. Наиболее часто встречающиеся недостатки – трусость, чрезмерная злоба, неуравновешенность поведения, неустойчивость к сильным раздражителям, свету, звукам, запахам, излишняя агрессия.

Способность к обнаружению различных веществ зависит и от пола животного. Более высокий процент качественно работающих собак отмечается среди сук в соотношении с кобелями 3:1 и выше. Рекомендуемый возраст для начала дрессировки щенков 8 – 16 месяцев. Более молодые животные не способны выдерживать длительный тренировочный процесс. Собаки старше 16 месяцев, как правило, проявляют большую агрессию, тяжелее поддаются обучению.

Для нашего эксперимента по обнаружению летучих органических соединений, специфичных для заболевания РПЖ, были отобраны две суки породы малинуа (бельгийская овчарка) в возрасте двух лет, предварительно прошедшие базовое обучение поиску и обнаружению взрывчатых веществ. Для собак этой породы характерен сангвистический тип высшей нервной деятельности. Они легко поддаются дрессировке, очень сообразительные, азартные, выносливые, некрупные, обладают хорошими физическими качествами и хорошей памятью. У них феноменальное чутье: могут с легкостью находить по запаху бомбы, наркотики и даже нелегальные электронные приборы.

В качестве материала для обучения собак обнаружению летучих органических соединений, соответствующих РПЖ, использовались образцы мочи, полученные от трех групп людей: молодых здоровых мужчин в возрасте 17 – 25 лет ($n = 354$), пациентов онкологической клиники, у которых в результате гистологического исследования был выявлен РПЖ разной стадии ($n = 126$); пациентов, проходящих обследование у онколога в

связи с повышенным уровнем простат-специфического антигена, у которых диагноз рака не подтвердился после проведения первичной биопсии ($n = 57$).

Результаты исследований. Для дрессировки собак по обнаружению ЛОС РПЖ в образцах мочи был применен метод оперантного научения с использованием кликера (кликер-тренинг) и пищевым подкреплением в связи с тем, что ранее они обучались поиску взрывчатых веществ по этой методике. Кликер-дрессировка является одним из популярнейших методов обучения животных за рубежом и в последние годы все чаще используется в России. Сторонники этой методики считают ее универсальным средством, позволяющим решать любые проблемы дрессировки [7]. Как техническое устройство кликер представляет собой небольшой звуковой генератор, воспроизводящий щелчок. Щелчок используется как условный раздражитель совместно с пищевым подкреплением (лакомством), которое собака может проглотить не разжевывая.

Собаки работали, как правило, свободно, без поводков. За занятие каждое животное делало от 3 до 5 проходов, обнюхивая конусы с образцами мочи. Собаки были обучены обозначению искомого образца в форме «целеуказания» – остановкой и замиранием у искомого конуса с удержанием носа около емкости, из которой выходит запах. Мы старались добиться, чтобы собаки делали обозначение образца с ЛОС РПЖ на первом проходе. Обе собаки за проход отрабатывали одни и те же образцы, однако расположение образцов в ряду каждый раз случайным образом изменяли. Очередность работы собак также изменялась произвольным образом. После того как обе собаки отработали комплект образцов, они повторно уже не использовались.

На первом этапе обучения за обнаружение положительных проб собаки постоянно получали пищевое подкрепление. На втором этапе использовалось выборочное подкрепление. Животные были приучены к тому, что в обследуемых образцах может и не быть искомого запаха. Также проводились контрольные пуски, позволяющие организовать подкрепление собак за работу, поддерживая мотивацию на высоком уровне, и контролировать их работоспособность в течение всего рабочего дня.

На протяжении всего обучения в помещении во время работы собаки находился только проводник, который и давал собаке лакомство в случае успеха. Поскольку проводник не знал места правильного расположения конуса с образцом ЛОС РПЖ, то контроль за правильностью обозначения осуществлял инструктор, находившийся в смежном помещении. Инструктор знал позицию искомого образца, наблюдал за работой собаки по монитору, на который поступал сигнал от видеокамеры. Если обозначение собакой образца было правильным, следовал щелчок кликера и собака получала подкрепление. В противном случае инструктор сообщал проводнику об ошибке.

Данный эксперимент проводился в течение 9 месяцев. За это время удалось обучить собак выявлять в ряду из 6-8 образцов мочу людей, больных раком предстательной железы, и не сигнализировать на образцах, полученных от здоровых людей, даже тех, у кого имелся повышенный уровень ПСА. На протяжении заключительных этапов работы у собак практически не наблюдались ложные обозначения и пропуски искомого образца (чувствительность составила 90%).

Выводы. Способность собак выявлять рак может быть очень полезна. Во-первых, собаки могут очень быстро анализировать образцы после обучения. Во-вторых, обнаружение проводится неинвазивным методом. Это также может способствовать профилактическому контролю у пациентов, не имеющих симптомов болезни, но подверженных высокой степени риска заболеть из-за наследственных, экологических и других факторов. В-третьих, следует отметить высокий уровень надежности такой диагностики (выше 90%), неинвазивность процесса, в отличие от биопсии, и относительно низкую стоимость. Хотя подбор, дрессировка и содержание животных требуют времени, сил и определенных материальных затрат.

Понятно, что на данном этапе эксперимента выявление онкологических заболеваний собаками не может служить основанием постановки точного медицинского диагноза. Но, учитывая неинвазивность этой методики, а также тот факт, что и биопсия, особенно на ранних стадиях заболевания, не дает 100% точного результата, считаем целесообразным проведение дальнейших исследований.

В ходе данного эксперимента была разработана и апробирована методика дрессировки собак поиску летучих органических соединений, выделяемых раковыми клетками. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования специально обученных собак для выявления онкологических заболеваний у человека. Однако необходимы дальнейшие исследования с участием большего количества собак, чтобы унифицировать критерии обучения животных.

Литература

1. **Williams H., Pembroke A.** Sniffer Dogs in the melanoma clinic? // *The Lancet*. 1989. – V. 333–P. 638-734.
2. **Суховольский О.К.** Домашние животные как модель для изучения новообразований у человека // *Ученые записки учреждения образования / Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины*. – Витебск: Изд-во ВГАВМ, 1995. – С. 99.
3. **Anastasiadis A., Zapala L., Cordeiro E. et al.** Complications of prostate biopsy // *Expert Rev. Anticancer Ther.* 2013. – V.13. – P. 829.
4. **Presti J.Jr.** Does the yield of prostate cancer biopsy and repeat biopsy justify the frequency of their use // *Nat. Clin. Pract. Urol.* 2008. – V.5 – P. 246.
5. **Geggel L.** If Dogs Can Smell Cancer, Why Don't They Screen People? // *Live Science*, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.livescience.com/61234-how-dogs-smell-cancer.html> (дата обращения 26.02.2019).
6. **Taverna G., Tidu L., Grizzi F., Torri V., Mandressi A.** Highly-Trained Dogs' Olfactory system of highly trained dogs detects prostate cancer in urine samples. // *The Journal of Urology*. 2014. – № 193 (4) – P. 1382 – 1387.
7. **Гриценко В.В.** Формы научения и способы дрессировки собак для поиска взрывчатых веществ, взрывных устройств, оружия и боеприпасов. – М.: Юнити-Дана, 2009. – 50 с.

Literatura

1. **Williams H., Pembroke A.** Sniffer Dogs in the melanoma clinic? // *The Lancet*. 1989. – V. 333–S. 638-734.
2. **Suhovol'skij O.K.** Domashnie zhivotnye kak model' dlya izucheniya novoobrazovaniy u cheloveka // *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya / Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny*. – Vitebsk: Izd-vo VGAVM, 1995. – S. 99.
3. **Anastasiadis A., Zapala L., Cordeiro E. et al.** Complications of prostate biopsy // *Expert Rev. Anticancer Ther.* 2013. – V.13. – S. 829.
4. **Presti J.Jr.** Does the yield of prostate cancer biopsy and repeat biopsy justify the frequency of their use // *Nat. Clin. Pract. Urol.* 2008. – V.5 – S. 246.
5. **Geggel L.** If Dogs Can Smell Cancer, Why Don't They Screen People? // *Live Science*, 2017. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.livescience.com/61234-how-dogs-smell-cancer.html> (data obrashcheniya 26.02.2019).
6. **Taverna G., Tidu L., Grizzi F., Torri V., Mandressi A.** Highly-Trained Dogs' Olfactory system of highly trained dogs detects prostate cancer in urine samples. // *The Journal of Urology*. 2014. – № 193 (4) – S. 1382 – 1387.
7. **Gricenko V.V.** Formy naucheniya i sposoby dressirovki sobak dlya poiska vzryvchatyh veshchestv, vzryvnyh ustrojstv, oruzhiya i boeprapasov. – М.: YUniti-Dana, 2009. – 50 s.

УДК 621.311

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12118

Доктор технических наук, проф. **В.Н. КАРПОВ**
(СПбГАУ, kvn_39@mail.ru)**ПРАКТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье рассматривается производственная потребительская энергетическая система (ПЭС). Предприятия потребляют энергию для обеспечения выпуска продукции. Традиционно количество потребленной энергии на единицу продукции контролируется ее энергоемкостью за год. Однако этот показатель характеризует только влияние энергопотребления на себестоимость продукции. В статье ориентировочно в качестве показателя энергоэффективности принята дифференцированная энергоемкость продукции, определяющая доход предприятия.

Цель исследования. Предлагается метод анализа использования энергии, позволяющий отделить используемую энергию от потребленной. Метод рассматривается с учетом технической структуры ПЭС, создающей структуру потерь, численных требований технологического процесса к использованию энергии и физических и математических основ действия энергии в условиях ПЭС. Рассмотрены существующие и перспективные аспекты сельскохозяйственного производства, вовлекаемые в повышение энергоэффективности.

Материалы, методы и объекты исследования. Потребительская энергетическая система создается в процессе проектирования предприятия для подготовки потребленной энергии к использованию (передача, преобразование, трансформация и др.), в технологическом процессе и для создания необходимых производственных условий (освещение, обогрев, вентиляция помещений). Энергетические задачи при проектировании предприятия сводятся к профессиональному выбору или расчету энергетического оборудования (технических элементов – ТЭ), решаемых специальными методами под требования технологического процесса или действующих нормативных документов без учета требований энергоэффективности. Выбранное оборудование составляет техническую структуру ПЭС. В этой структуре необходимо различать ТЭ передачи и подготовки энергии и ТЭ использования энергии. Второй вид ТЭ численно должен обеспечивать технологические и нормативные требования энергетическими процессами, поэтому они (ТЭ) выделены в схеме ПЭС как энерготехнологические процессы (ЭТП). Именно эти процессы определяют фактические (как правило, превышающие минимальные) потери энергии в ТЭ. Необходимо иметь в виду, что техническая структура довольно сложная и разнообразная, но только она создает при работе предприятия абсолютный и относительный показатель потерь энергии, определяющий общую системную энергоэффективность предприятия. Поэтому повышение актуальности эффективного использования энергии потребовало разработку новых методов анализа процессов в ТЭ и управления ими с целью снижения потерь энергии.

Все ТЭ, через которые энергия только проходит, подвергаясь каким-либо изменениям, но не используется, могут быть отнесены к проходным. При последовательном соединении таких элементов образуются энергетические линии, по которым энергия подводится к ЭТП для непосредственного использования. В каждом проходном ТЭ возникают потери энергии, которые необходимо идентифицировать (измерить) и принять по ним решение – компромиссное или управленческое.

Изменение энергетических показателей (мощности и/или энергии) при прохождении энергией ТЭ можно рассматривать, как положительное или отрицательное приращение. В математике началом анализа приращений функции является формула Лагранжа, называемая

формулой конечных приращений [1], представляющая собой отношение приращения функции к приращению независимой переменной и имеющая вид:

$$f(b)-f(a)/(b-a) = f'(c), \tag{1}$$

где правая часть равенства – производная функции в точке «с». Если величина производной имеет размерность, то формула Лагранжа дает среднюю величину приращения функции на единицу независимой переменной. Очевидно, при линейной функции и при $a = 0$ производная будет равна постоянной величине, равной $\frac{1}{2} b$. В математике рассматриваются также дифференцируемые функции, разделяющие приращение на основное линейное, определяемое производной A в начальной точке и приращением независимой переменной Δx , и бесконечно малое приращение функции $\alpha(\Delta x)$, стремящееся к нулю при $\Delta x \rightarrow 0$. Вид рассматриваемого уравнения $\Delta y = A \cdot \Delta x + \alpha(\Delta x) \cdot \Delta x$ [1]. Использование производной функции в точке позволяет решать дифференциальные уравнения с малой относительной ошибкой. В ПЭС наличие большого количества разных по виду энергии и по проводимости ТЭ существенно усложняет анализ приращений, поскольку получение вида функции весьма затруднительно. Однако это не является препятствием для использования современных счетчиков энергии, представляющих при измерении процесс движения энергии не в виде функции, а в виде значений полных или частичных интегралов. Поэтому анализ и управление энергоэффективностью (ЭЭ), основанные на показаниях счетчиков, означает переход от дифференциального анализа к интегральному и переход от анализа функций в математике к анализу энергетических процессов в технических системах. Такой переход обещает более простой линейный анализ [2], но нуждается в разработке специальных методов.

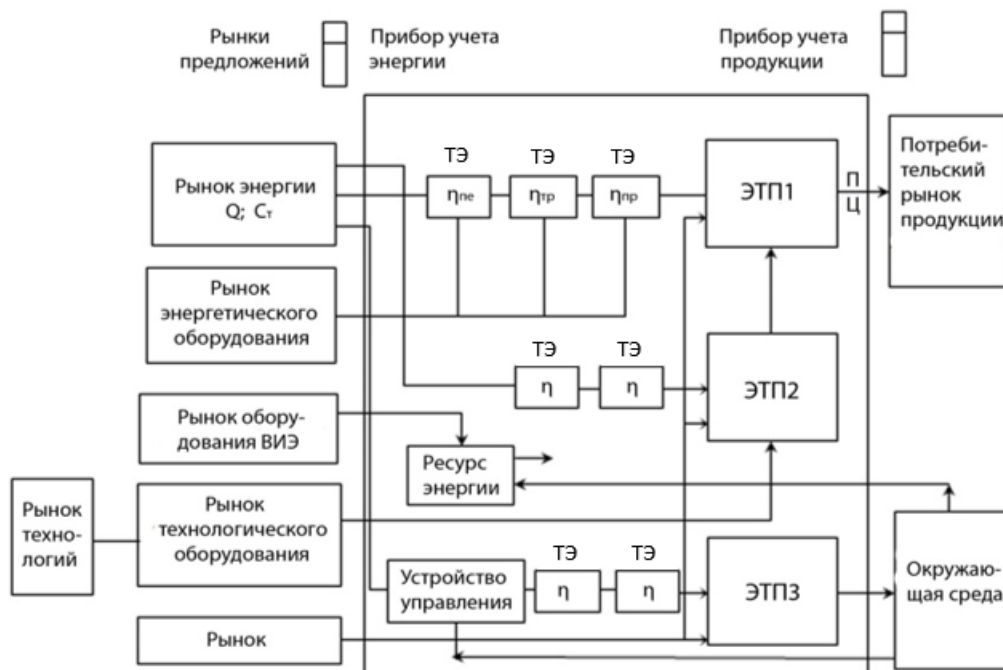


Рис.1. Потребительская энергетическая система (ПЭС)

Методы исследования процессов в ТЭ с позиций энергоэффективности. Техническая структура ПЭС предопределяет необходимость анализа энергоэффективности процессов в каждом ТЭ. Однако и такой подход предполагает определенную системную коррекцию. Как уже указывалось, все ТЭ могут рассматриваться как проходные (только передающие энергию с потерями) и как действующие, создающие энергетическим процессом востребованный производством продукции результат (технические элементы ЭТП). Научной школой СПбГАУ [3] предложено в проходных ТЭ не добиваться получения в каком-либо виде функции подведенной и переданной энергии, а использовать показания счетчиков (то

есть интегральные значения) на входе Q_n (начальная энергия) и на выходе Q_k (конечная энергия). Наличие этих двух показателей ощутимо связывает анализ с задачами повышения энергоэффективности, так как позволяют определить потери ΔQ как разность $Q_n - Q_k = \Delta Q$. Также был введен показатель относительной энергоемкости в виде отношения подведенной энергии к переданной. По этому показателю метод анализа процессов был назван методом конечных отношений (МКО). Основные выражения метода $Q_{\Sigma} = \frac{Q_n}{Q_k}$, $Q_{\Sigma} = 1 + \frac{\Delta Q}{Q_k}$.

Измерения счетчиками не только делает доступной энергию потерь, но и определяет ее величину относительно переданной энергии. При всей очевидности эффективности предложенных показателя и метода необходимо отметить, что в проходном ТЭ энергия не используется, а целью управления ПЭС является повышение эффективности не подводимой (потребляемой) энергии, а используемой (рис. 1).

В схеме ПЭС (рис. 1) [4] ЭТП выделены особо, так как они играют важную роль в эффективности использования энергии потребителем. Во-первых, только в ЭТП используется энергия, во-вторых, использование численно подчинено требованиям технологического процесса производства. То есть результат, получаемый от использования энергии, задан цифрой, которая должна быть получена. Поэтому ЭТП введены в метод конечных отношений (в проекте предприятия ЭТП нет). На схеме ПЭС указаны три вида ЭТП – основной, результатом использования энергии в котором является продукция, ЭТП2 – вспомогательный, относящийся, в основном, к обработке сырья для производства продукции, и ЭТП3, обеспечивающий одно из условий жизнедеятельности (свет, обогрев, вентиляция). Поскольку в проектах предприятий ЭТП как особый вид процесса использования энергии не приводятся, то по проектным решениям эффективность использования энергии не контролируется и не анализируется. Главное достоинство ЭТП заключается в том, что заданный технологией результат и достаточная грамотность проектировщика позволяют выполнить расчет минимального количества энергии (без учета потерь) на получение заданного результата. Такой расчет открывает возможность определения максимальной расчетной производительности энергии и сравнения ее с эксплуатационной, уменьшенной из-за потерь энергии. Итак, в проходных ТЭ предлагаемый метод анализа позволяет сделать первый, но достаточно важный шаг – определить потери в абсолютном и относительном выражении и объяснить численное значение относительной энергоемкости процесса передачи. Для определения возможностей метода в анализе действия энергии в ЭТП был продифференцирован показатель относительной энергоемкости Q_{Σ} , то есть, определена производная по времени этого показателя и приравнена к нулю (при конечной энергии $Q_k > 0$). Анализ показал равенство отношений конечных значений энергий и мощностей (по крайней мере средних), что свидетельствует об индифферентности (безразличии) показателя относительной энергоемкости к энергии и мощности и необходимости поиска другого показателя для идентификации энергоэффективности в ТЭ. Поскольку потери энергии рассчитать до измерения практически невозможно, был выбран экспериментальный метод сравнения действия энергии без учета потерь и с учетом потерь, а в качестве анализируемого процесса был принят электронагрев воды от нагревателя с постоянной мощностью. Для этого процесса легко считается количество энергии на нагрев без потерь и время процесса. В результате эксперимента были установлены приращения к расчетным значениям как количества энергии, так и времени, объясняемые уменьшением производительности энергии из-за потерь. Фактически эксперимент стал вторым шагом (после первого – измерения потерь энергии) в исследовании энергоэффективности, показав, что потери снижают производительность энергии. Осталось только установить, как осуществляется такое влияние потерь. Ответ также был найден в эксперименте – через уменьшение мощности действия энергии. Эксперимент привел к тождественному энергетическому линейному равенству МКО, представляющему начальную (подведенную к ЭТП) энергию Q_n раздельно (дифференцированно) через мощность и через энергию:

$$P(t+\Delta t) = Q_d + \Delta Q. \quad (2)$$

Это выражение в настоящей статье анализироваться не будет. Отметим только, что подводимая энергия определена как мощностью (левая часть), так и энергией (правая часть) с разделением (дифференцированием) на действующую Q_d и потери ΔQ . При этом мощность проявилась в качестве производительности энергии, максимально высокой без потерь и уменьшающейся за время Δt под влиянием потерь, что нашло отражение в третьем квадрате диаграммы (рис. 2).

Отметим также, что введение ЭТП в структуру ПЭС не только позволило подчинить использование энергии требованиям технологического процесса, но и расширило возможности анализа за счет дифференцирования энергии на действующую и потери до представления потерь производением мощности (производительности) на приращение времени. Это создало определенные преимущества отечественного метода перед зарубежной практикой энергосбережения [5].

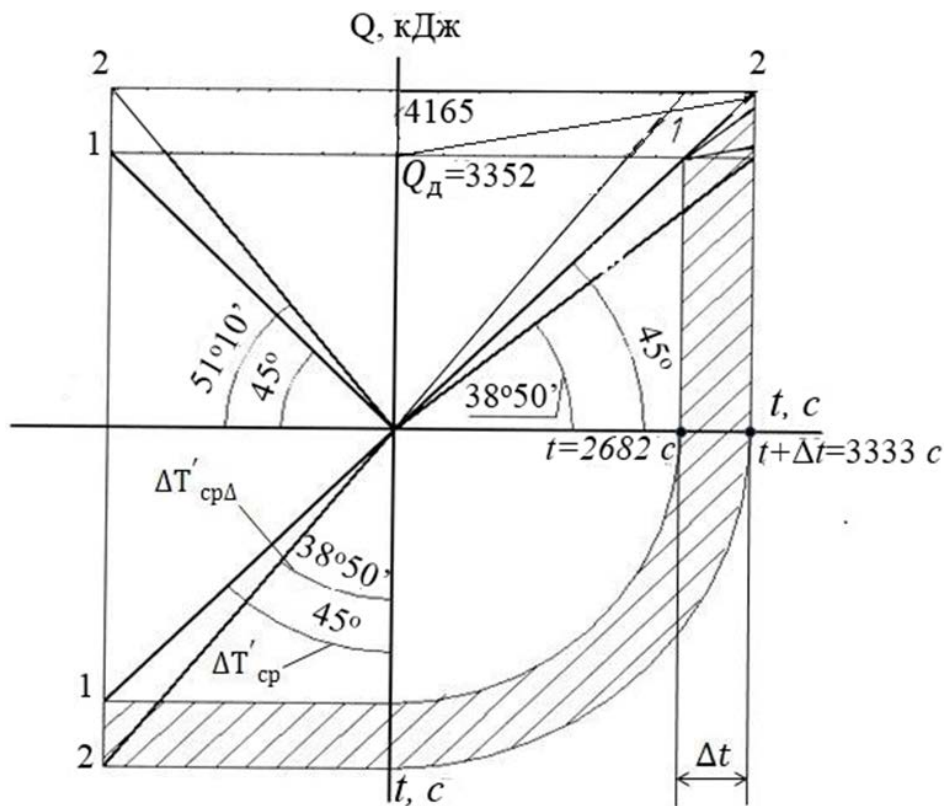


Рис. 2. Диаграммное сравнение производительностей энергии $\Delta T'$ и приращения времени действия Δt

Время также представлено в виде частных интервалов t (время действия) и Δt (время потерь). Эти данные оправдали ожидания в том смысле, что использованная в ЭТП энергия должна содержать и потери, которые, как уже указывалось, не подлежат предварительному расчету. Для пересчета этой суммы в потребленную предприятием энергию, по которой рассчитывается энергоемкость продукции, сумма должна быть умножена на относительную энергоемкость подводящих энергию к ЭТП проходных ТЭ, то есть увеличена, но с сохранением значения результата. Важный вывод заключается в том, что в ЭТП при осуществлении процессов образуются первичные показатели, относящиеся к понятию энергоэффективности. В частности, энергоемкость результата ЭТП в рассматриваемом примере. Уменьшение ее влияния на энергоемкость продукции достигается уменьшением потерь как в ЭТП, так и в линии, подводящей к нему энергию. Необходимо также понимание возможной многофакторности потерь в ЭТП. В эксперименте это количество нагреваемой воды, конечная температура нагрева, температура окружающего воздуха и его подвижность,

материал корпуса нагревателя, его коэффициент теплопроводности и объемная форма. Некоторые факторы не являются постоянными. К указанным факторам должны быть добавлены исправность и работоспособность ТЭ. Поэтому вероятность получения одного и того же значения энергоемкости результата при каждом нагреве далека от единицы, и ее получение не обеспечивается обычными инженерными методами, например, автоматизацией.

Один из основных и энергоемких потребителей теплоты в ПЭС – это ЭТП обогрева помещений, создающий одно из условий жизнедеятельности – постоянную температуру воздуха. Рассмотрим некоторые особенности обогрева, относящиеся к энергоэффективности. Значение температуры в помещении устанавливается не технологическим процессом, а нормативным документом (СНиП). Потери энергии, снижающие действие энергии по нагреву, зависят, как и в ЭТП нагрева воды, от теплоотдачи наружной поверхности ограждения помещения и от температуры наружного воздуха, которая изменяется в течение года с определенной закономерностью, проходя через максимумы положительного и отрицательного значения. При нагреве воды потери определяла температура внутри помещения, которая могла быть разной, но ее действие на нагрев оказывалось интегральным и значение потерь отображалось на счетчике. Подвод энергии для обогрева помещения (мощность) должен осуществляться пропорционально изменению разности температуры ограждения и наружной температуры, что соответствует известному приближенному выражению $P = P_{уд} \Delta T(t)$, где $\Delta T(t)$ – разность температур поверхности ограждения и наружной температуры в определенный момент времени. Таким образом, подводимая мощность действительно становится функцией разности температур. За отопительный сезон счетчик определит интеграл этой функции, по значению которого можно будет определить интеграл разности температур, например, в градусо-часах, что будет соответствовать затраченной энергии в киловатт-часах. Такое соотношение возникает потому, что вся энергия на обогрев является энергией потерь, уменьшить которые можно только увеличением теплоизоляции ограждения.

Еще один показательный пример для энергоэффективности ПЭС – искусственное освещение, нормируемое не технологией производства, а нормативным документом (СНиП). Используется электрическая (электромагнитная длинноволновая) энергия, двукратно преобразуемая с потерями в фотонную энергию видимого диапазона длин волн в электрических лампах и перераспределяемая в пространстве помещения с потерями в светильниках. Влияние этих затрат энергии на энергоемкость продукции учитывается СНиП опосредованно через работоспособность и производительность труда человека, но потери не определяются. По этой причине возникает разница в нормах освещенности в разных странах. Конкурентный способ освещения – естественный свет через окна. Алгоритм оптимального управления (при групповом включении светильников), учитывающий достаточность естественного освещения, напряжение сети, состояние ламп и светильников, количество работающих людей и другие факторы, отсутствует. Поэтому существующее состояние управления следует признать компромиссным. Потери во внутренних электрических линиях зависят от профессиональной грамотности проектировщика, так как существуют методы расчета, снижающие потери до минимума. Появление светодиодных источников света, прошедших экспертизу на световую отдачу, безусловно, уменьшает вклад освещения в энергоемкость продукции, но не приближает его к оптимальному.

Производственное использование искусственной фотонной энергии оптического диапазона длин волн (видимое, ультрафиолетовое, инфракрасное, лазерное излучения) характеризуется в настоящее время стадией полной утраты достигнутых ранее положительных результатов (кроме теплиц), и не по причине, связанной с энергоэффективностью, а из-за отсутствия оборудования, исследований и некомпетентности отраслевых специалистов. В частности, не используется такое свойство фотонной энергии,

как проникающая способность в различные среды [6] (в том числе биологические), открывающая возможность для новых энергоэффективных технологий [3, 4].

Что касается естественного видимого излучения, то энергетическая эффективность его использования имеет особую отраслевую актуальность и специфику. На использовании этого излучения и достаточно скрытых естественных биоэнергетических технологиях существует подотрасль растениеводства. Растительная биоэнергетика в масштабах отдельного предприятия настолько устойчива, велика и значима, что для определенной площади земли при учете пищевых продуктов, корма, энергии биоотходов может быть получен энергетический эквивалент, соизмеримый с потребленной антропогенной энергией. Однако фотосинтезируемая растениями естественная энергия солнечного излучения, определяющая урожай (объем продукции), оказалась выведенной из сферы оперативной (текущей) профессиональной ответственности как технических специалистов, так и агрономов. Требование обеспечения высокой энергоэффективности производства выводит на первое место в растениеводстве энергоемкость продукции, которая определяется не только затратами энергии, но и целым рядом других факторов, включающим плодородие почвы и другие свойства поля (технологические, климатические), на котором выращиваются растения. По сути, поле в обобщенном понимании является производственной (продукционной) внешней средой ПЭС, дополняющей внешние среды энергоэффективности до четырех (внутренняя среда помещений, наружная среда, поле, рынок).

В АПК важной энергетической составляющей производства продукции является топливо, которое с точки зрения использования можно считать овеществленным энергетическим интегралом с разными фазами вещества (твердое, жидкое, газ). Доля топлива в общем потреблении энергии предприятием АПК больше, чем у промышленных предприятий. Расход топлив является разнообразным по видам, входит в показатель энергоэффективности, поэтому подлежит дифференцированному учету. Для превращения топлива в тепловую энергию существуют специальные устройства, после чего может следовать преобразование теплоты в механическую и электрическую энергии, естественно, с потерями. При этом механическая энергия достаточно широко используется как в стационарных установках (прессы, компрессоры), так и в мобильных (автомобили, тракторы, комбайны). В схему ПЭС энергетические линии, создаваемые топливным источником, могут быть внесены и названы *генераторными линиями*, которые, в свою очередь, могут быть стационарными или мобильными.

Включение рынка в число внешних сред ПЭС не является случайным или формальным в анализе энергоэффективности производства, поскольку реализуемая продукция обладает численным свойством энергоемкости, от величины которого зависит доход. Традиционно при экономических анализах эта зависимость (дохода от энергоемкости продукции) обходится стороной на основании ее частности и малой значимости. Однако в методе конечных отношений величины дохода и затрат на энергию являются входными (в ПЭС) величинами, поэтому между ними возникает определенная системная связь. Если обозначить Π – объем выпущенной продукции, Π – цена, α – коэффициент доходности предприятия, Q – вся потребленная энергия, C_T – тариф, то получим выражение, связывающее доход с энергоемкостью продукции за определенное время через цену и тариф:

$$k \times \Pi = \alpha \times Q_{\Pi} \times C_T. \quad (3)$$

В этом выражении коэффициент «к» представляет долю затрат на энергию в себестоимости продукции. Отметим важные выводы из этого выражения. При успешной работе по снижению энергоемкости продукции и постоянных цене и тарифе возрастает коэффициент доходности, то есть возникает спонтанная экономическая поддержка работы по повышению эффективности использования энергии. Как показали исследования, эта

зависимость является гиперболической (рис. 3), то есть сильной и профессионально «затягивающей» поиск возможностей снижения энергоемкости.

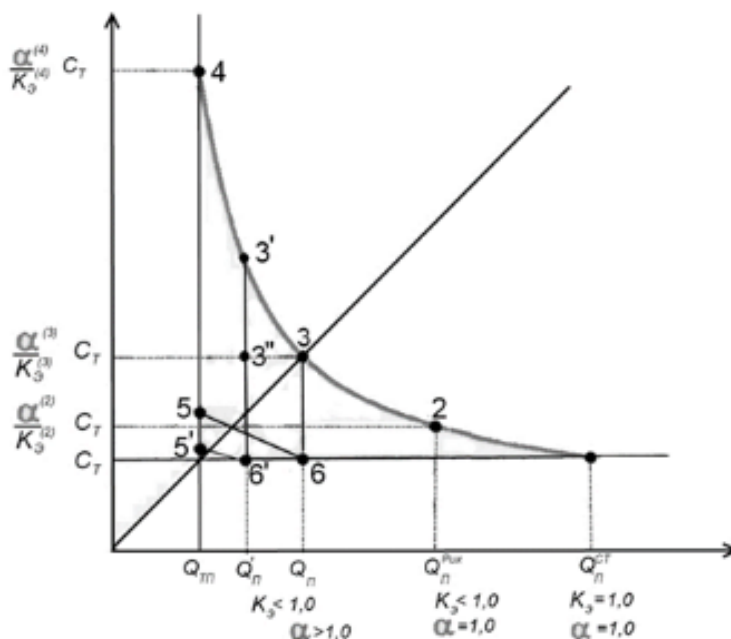


Рис. 3. Гиперболическая связь энергоемкости продукции и доходности энергии

Поскольку повышение доходности – задача менеджмента предприятия, то успешная работа главного энергетика приобретает управленческий характер, что является явным признаком профессионального прогресса по сравнению с постоянным выполнением планово – предупредительных ремонтов.

Выводы и предложения. Подводя итоги, необходимо отметить, что требования к повышению эффективности использования энергии предопределяют (так как потери энергии не предсказуемы) тщательный и постоянный контроль использования на предприятии получаемой и вырабатываемой энергии с соблюдением численных требований технологии и нормативов, оценки текущего значения энергоемкости продукции.

Поэтому возникает вопрос о том, каким должно быть содержание управления энергоэффективностью ПЭС. В основу управления должны быть положены профессиональная грамотность и заинтересованность персонала, высокая степень его информированности об эксплуатационных условиях и показателях, то есть оперативно должна осуществляться эксплуатационная энергетическая экспертиза процессов, обобщение которой за определенное время должно формироваться в виде разделения потребленной энергии на суммы действующей энергии $\sum Q_d$ и суммы потерь $\sum \Delta Q$. По этим данным энергоемкость продукции будет представлена в виде минимального значения и потерь энергоемкости, по соотношению которых должны приниматься компромиссные или управленческие решения. При этом адресность по ТЭ наибольших отклонений потерь будет обеспечена. Управленческие решения должны быть оптимизированы, как правило, по показателю стоимостных затрат. Приведенный материал позволяет сделать некоторые новые выводы по управлению энергоэффективностью предприятия. Несмотря на то, что источником потерь являются ТЭ и что все потери вычитаются из потребленной энергии, первичными для управления должны рассматриваться потери в ЭТП. Определение влияния потерь на численное значение многофакторной эффективности ЭТП возможно только путем измерительного эксплуатационного мониторинга ухудшения производительности энергии (то есть, использования подводимой мощности), что определяет существенную специфику деятельности персонала в вопросах получения и использования информации. Проработки

практического использования современных информационных технологий для мониторинга и управления энергоэффективностью предприятия в сочетании с вычислительной базой и базой данных выводит значительную часть информационной системы за рамки предприятия для передачи их диспетчерскому центру, имеющему более высокий уровень информационных технологий.

Литература

1. **Демидович В.П., Кудрявцев В.А.** Краткий курс высшей математики: учеб. пособие для вузов. – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 654 с.
2. **Пантина И.В., Синчуков А.В.** Вычислительная математика: учебник / 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Синергия, 2012. – 176 с.
3. **Карпов В.Н.** Введение в энергосбережение на предприятиях АПК. – СПб.: СПбГАУ, 1999. – 72 с.
4. **Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш.** Энергосбережение. Метод конечных отношений: монография. -СПб.: СПбГАУ, 2010. – 147 с.
5. **Стасинопулос П.** Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инжинирингу для устойчивого развития / Питер Стасинопулос, Майкл Х. Смит, Карлсон «Чарли» Харгроувс, Черил Деша. – М.: Эксмо, 2012, - 288 с.
6. **Ландсберг Г.С.** Оптика. Изд. 5-ое, перераб. и доп. – М.: Издательство «Наука», 1976. – 928 с.

Literatura

1. **Demidovich V.P., Kudryavcev V.A.** Kratkij kurs vysshej matematiki: ucheb. posobie dlya vuzov. – M.: AST: Astrel', 2007. – 654 s.
2. **Pantina I.V., Sinchukov A.V.** Vychislitel'naya matematika: uchebnik / 2 – e izd., pererab. i dop. – M.: Sinergiya, 2012. – 176 s.
3. **Karpov V.N.** Vvedenie v energosberezhenie na predpriyatiyah APK. – SPb.: SPbGAU, 1999. – 72 s.
4. **Karpov V.N., YUldashev Z.SH.** Energosberezhenie. Metod konechnyh otnoshenij: monografiya. – SPb.: SPbGAU, 2010. – 147 s.
5. **Stasinopulos P.** Proektirovanie sistem kak edinogo celogo. Integral'nyj podhod k inzhiniringu dlya ustojchivogo razvitiya / Piter Stasinopulos, Majkl H. Smit, Karlson «CHARli» Hargrouvs, SCheril Desha. – M.: Eksmo, 2012, – 288 s.
6. **Landsberg G.S.** Optika. Izd. 5-oe, pererab. i dop. – M.: Izdatel'stvo «Nauka», 1976. – 928 s.

УДК 631.371:621.316

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12125

Доктор техн. наук **Ф.Д. КОСОУХОВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, 4762118@mail.ru)
Канд. техн. наук **Н.В. ВАСИЛЬЕВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, profkom_gau@mail.ru)
Соискатель **А.О. ГОРБУНОВ**
(ООО «Контел», spbgau@girtab.su)

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ОТ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВ

В тепличных хозяйствах России для искусственного облучения растений широко применяются лампы VIALOX NAV-E 400W E40. Эти лампы обладают нелинейной вольтамперной характеристикой, симметричной относительно начала координат, создающей в трёхфазной сети 0,38 кВ нечётные высшие гармоники в кривых тока и напряжения. Фазные токи основной частоты и высшие гармоники, некратные трём, в симметричной трёхфазной

системе образуют системы прямой и обратной последовательности, в результате чего сумма этих токов в нулевом проводе равна нулю. Гармоники, кратные трём, создают систему нулевой последовательности, т.е. имеют одинаковые значения и направления, поэтому ток в нулевом проводе равен утроенной сумме токов высших гармоник нулевой последовательности. В результате в нулевом проводе создаётся значительный ток, состоящий из суммы, кратной трём гармоникам, при симметричной нагрузке по фазам.

Исследования, проведённые в производственных условиях Агрофирмы "Выборжец", показали, что величина тока в нулевом проводе электрической сети 0,38 кВ составляет 0,6 – 0,9 фазного тока, а ток нулевой шины трансформатора содержит, в основном, третью гармонику.

Наличие высших гармоник в трансформаторе и в линии 0,38 кВ приводит к дополнительным потерям мощности от несинусоидальных токов в этих электроустановках, к искажению синусоидальности питающего напряжения, ухудшению условий работы конденсаторных батарей и другим [1].

Цель исследования – установить зависимости потерь мощности от несинусоидальных токов в трёхфазных трансформаторах и четырёхпроводных линиях сельских электрических сетей 0,38 кВ.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования являются электрические сети с нелинейной ламповой нагрузкой, широко применяемой для искусственного облучения растений в тепличных хозяйствах защищенного грунта.

Предмет исследования – электромагнитные процессы в электрических сетях несинусоидального тока.

В качестве основного метода исследования выбран метод с использованием критерия дополнительных потерь мощности в трехфазной сети.

Теоретические и экспериментальные исследования потерь мощности в сети 0,38 кВ. Для экспериментального исследования потерь мощности от несинусоидальных токов в электрической сети 0,38 кВ на кафедре Электроэнергетики и электрооборудования СПбГАУ разработана экспериментальная установка (рис. 1).

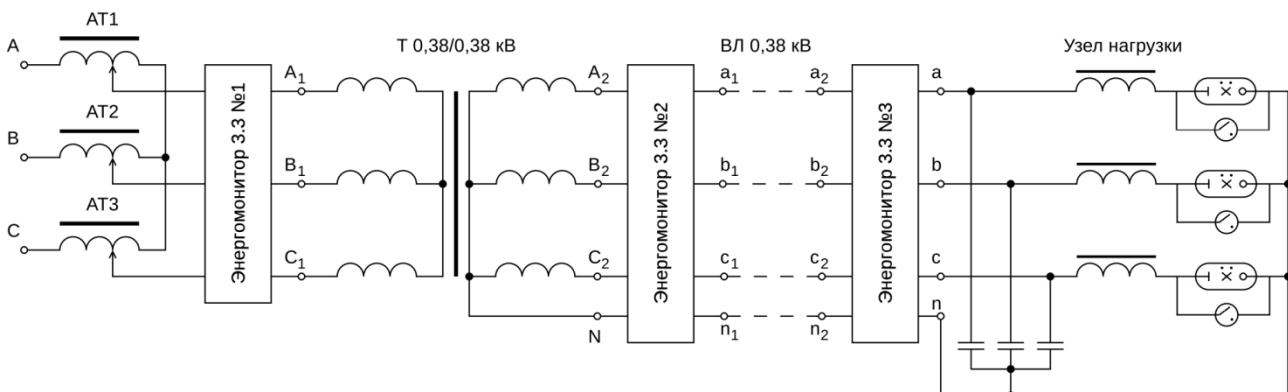


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования потерь мощности от несинусоидальных токов

Экспериментальная установка для исследования потерь мощности от несинусоидальных токов в сети 0,38 кВ содержит трёхфазный автотрансформатор АТ для регулирования входного напряжения на зажимах силового трансформатора номинальной мощностью 25 кВА с коэффициентом трансформации 1,0 и номинальным напряжением 0,38 кВ. На входе трансформатора и на его выходе включены измерительные устройства "Энергомонитор 3.3" №1 и №2. К "Энергомонитору 3.3" №2 подсоединена воздушная линия ВЛ 0,38 кВ, выполненная проводом марки СИП-4 сечением 25 мм², длиной 370 м. В конце ВЛ 0,38 кВ включён "Энергомонитор 3.3" №3. Необходимость в трёх "Энергомониторах 3.3"

объясняется требованием при экспериментальном исследовании потерь мощности в сети, измерении потерь мощности ΔP_T в трансформаторе, Вт:

$$\Delta P_T = P_{ВХ} - P_{ВЫХ1} \quad (1)$$

и потерь мощности в линии ΔP_L , Вт:

$$\Delta P_L = P_{ВЫХ1} - P_{ВЫХ2} \quad (2)$$

где $P_{ВХ}$ – активная мощность на входе трансформатора, измеренная "Энергомонитором 3.3" №1;

$P_{ВЫХ1}$ – активная мощность на выходе трансформатора, измеренная "Энергомонитором 3.3" №2;

$P_{ВЫХ2}$ – активная мощность на выходе ВЛ 0,38 кВ, измеренная "Энергомонитором 3.3" №3.

Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 2. Узлом нагрузки является пакет ламп типа VIALOX NAV-E 400W E40 из 54 штук (рис. 3). Распределение ламп по фазам трёхфазной линии 0,38 кВ при экспериментальном исследовании потерь приведено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение ламп по фазам в эксперименте

| Номер опыта | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|---|----|----|----|
| Число ламп в одной фазе | 3 | 6 | 12 | 18 |
| Число ламп в узле нагрузок | 9 | 18 | 36 | 54 |



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки



Рис. 3. Пакет ламп из 54 шт. типа VIALOX NAV-E (нагрузка экспериментальной установки)

Прежде чем приводить сведения об экспериментальном исследовании потерь мощности от несинусоидальных токов в сети 0,38 кВ, проанализируем гармонический состав несинусоидальных кривых тока ламп. С помощью прибора "Энергомонитор 3.3Т1" сняты осциллограммы тока в фазе "А" с тремя параллельно соединёнными лампами (рис. 4) и с шестью параллельно соединёнными лампами (рис. 5). Используя программу для расчёта потерь мощности от несинусоидальных токов в трёхфазных трансформаторах и трёхфазных линиях с нулевым проводом при нелинейной симметричной нагрузке, разработанную авторами статьи, несинусоидальные кривые тока разложены в ряд Фурье. Гармонический состав тока для кривых (рис. 4 и рис. 5) представлен в табл. 2.

Как видно по осциллограммам (рис. 4 и 5) и по гармоническому составу тока электрических ламп типа VIALOX NAV-E (табл. 2), токи в трёхфазной сети 0,38 кВ имеют значительное искажение. Особенно значителен уровень кривой тока третьей гармоники: при шести параллельно соединённых лампах в одной фазе уровень составляет 25%; при этом также значителен уровень гармоник №7, №9 и №11 – около 10% каждой гармоники. Чтобы обеспечить требование ГОСТ [2] на качество электроэнергии в сетях 0,38 кВ, надо принимать меры по снижению уровня высших гармонических, в первую очередь третьей гармоники.

Таблица 2. Гармонический состав тока в фазе "А" для осциллограмм

| Номер гармоники | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 |
|---|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Гармонический состав тока в фазе «А» осциллограммы (рис.4), проценты | 100 | 8,86 | 1,91 | 1,52 | 0,65 | 0,52 | 0,32 | 0,21 | 0,15 | 0,07 | 0,05 |
| Гармонический состав тока в фазе «А» осциллограммы (рис. 5), проценты | 100 | 24,8 | 0,84 | 12,12 | 9,59 | 8,12 | 2,83 | 0,85 | 2,26 | 0,58 | 0,68 |

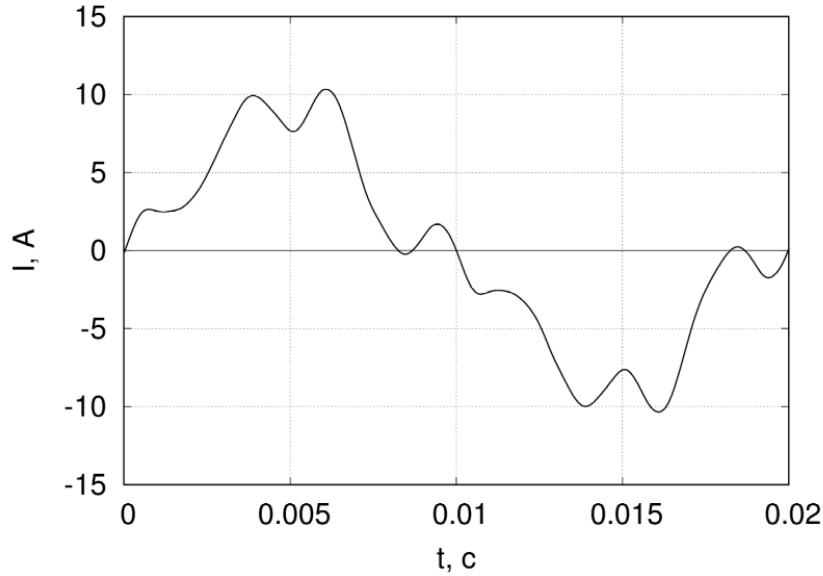


Рис. 4. Осциллограмма тока в фазе "А" с тремя параллельно соединёнными лампами VIALOX NAV-E 400W E40

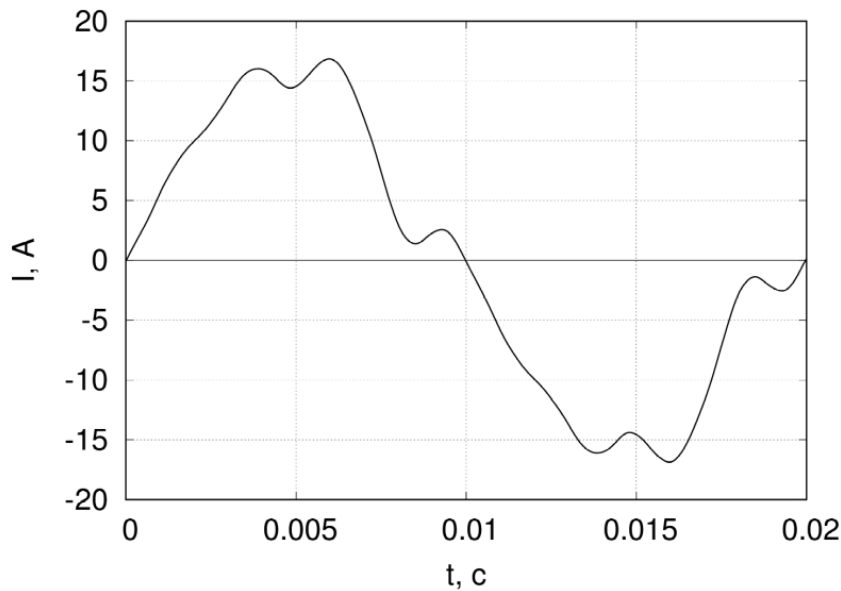


Рис. 5. Осциллограмма тока в фазе "А" с шестью параллельно соединёнными лампами VIALOX NAV-E 400W E40

В книге Р. Дрехслера приведено следующее заключение по третьей главе: Поскольку текущие значения коэффициентов ϵ_b , ϵ_0 , K_H и $\cos\varphi$ в интервале T изменяются, определение составляющих потерь энергии, приходящихся на долю неактивных составляющих полной мощности и неравномерности потребления, представляется весьма сложным [3].

Эти сложности нами преодолены разработкой критериев потерь мощности от несинусоидальных токов, от несимметричных токов и от реактивных токов в трёхфазных трансформаторах и четырёхпроводных линиях [4]. В данной статье приводятся результаты экспериментальной проверки критериев потерь мощности от несинусоидальных токов.

Критерий потерь мощности от несинусоидальных токов. Потери мощности в трансформаторе при симметричной синусоидальной системе токов от высших гармоник:

$$\Delta P_{\omega} = \sum \Delta P_{(k)} + \sum \Delta P_{(j)} \quad (3)$$

где $\sum \Delta P_{(k)}$ – потери мощности, обусловленные токами высших гармоник, за исключением гармоник, кратных 3; ($k=2,4,5,7,8,10$ и т.д. до 40);

$\sum \Delta P_{(j)}$ – потери мощности, обусловленные токами высших гармоник, кратных 3; ($k=3,6,9$ и т.д. до 39).

Запишем отдельные составляющие потерь мощности через ток и сопротивление.

Предполагаем, что активные сопротивления гармоник прямой, обратной и нулевой последовательностей не зависят от частоты, то есть:

$R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = R_7 = R_8 = R_{10} = R_k$ – активные сопротивления гармоник прямой и обратной последовательностей;

$R_0 = R_{03} = R_{06} = R_{09} = R_j$ – активные сопротивления гармоник нулевой последовательности.

Тогда потери мощности:

$$\left. \begin{aligned} k\text{- гармоник } \Delta P_{(k)} &= 3I_{(k)}^2 R_1; \\ j\text{- гармоник } \Delta P_{(j)} &= 3I_{(j)}^2 R_0; \\ 1\text{- ой- гармоники } \Delta P_{(1)} &= 3I_{(1)}^2 R_1. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Критерий потерь мощности от несинусоидальных токов в трансформаторе, равный отношению потерь мощности от несинусоидальных токов ΔP_{ω} к потерям мощности от токов первой гармоники $\Delta P_{(1)}$ с учетом (3) и (4), равен:

$$K_{\omega} = \frac{\Delta P_{\omega}}{\Delta P_{(1)}} = \frac{\sum I_{(k)}^2}{I_{(1)}^2} + \frac{\sum I_{(j)}^2}{I_{(1)}^2} \left(\frac{R_0}{R_1} \right). \quad (5)$$

Обозначим

$$\nu^2 = \frac{\sum I_{(k)}^2}{I_{(1)}^2}, \quad (6)$$

$$\lambda^2 = \frac{\sum I_{(j)}^2}{I_{(1)}^2}, \quad (7)$$

где ν^2 – коэффициент гармоник, обусловленный гармониками, некратными трем; λ^2 – коэффициент гармоник, обусловленный гармониками, кратными трем.

Выражение (4) с учетом (6) и (7) запишется в следующем виде:

$$K_{\omega}^i = \frac{\Delta P_{\omega}}{\Delta P_{(1)}} = \nu^2 + \lambda^2 \left(\frac{R_0}{R_1} \right) \quad (8)$$

На основании критерия потерь мощности от несинусоидальных токов был разработан способ измерения потерь, на который в 2017 году получен патент на изобретение №2628904 РФ «Способ измерения потерь мощности от несинусоидальных токов в трехфазных трансформаторах и четырёхпроводных линиях электропередачи» [5].

Экспериментальные исследования потерь мощности от несинусоидальных токов проведены с помощью критерия потерь на установке, представленной на рис. 1. Все измерения осуществлены тремя приборами Энергомонитор 3.3 для двух вариантов электроснабжения облучательной установки:

1) от силового трансформатора типа ТМГ номинальной мощностью 25 кВА, со схемой соединения обмоток Y/Yн с большим сопротивлением нулевой последовательности ($R_{0T} = 2,72$ Ом);

2) от силового трансформатора типа ТМГ номинальной мощностью 25 кВА, со схемой соединения обмоток Y/Zн с малым сопротивлением нулевой последовательности ($R_{0T} = 0,0769$ Ом).

Таким образом, выясняется влияние сопротивления нулевой последовательности трансформатора на потери мощности от несинусоидальных токов. Результаты расчёта

критерия потерь мощности представлены в табл. 3 для трансформатора Y/Yн и в табл. 4 для трансформатора Y/Zн. Критерий потерь мощности в этих таблицах рассчитан по двум формулам: по исходной формуле (5), в которой K_{ω} определяется как отношение потерь мощности от несинусоидальных токов ΔP_{ω} (3) к потерям мощности от токов первой гармоники $\Delta P_{(1)}$; по расчётной формуле (8), в которой K_{ω}^1 рассчитывается через коэффициенты гармоник тока v и λ . При правильном выводе формулы (8) критерий потерь должен совпасть с результатом, полученным по формуле (5).

Порядок расчёта критерия потерь мощности от несинусоидальных токов.

"Энергомонитор 3.3" измеряет гармоники тока в процентах. Чтобы вычислить потери мощности в ваттах, надо перевести гармоники тока в амперы по формуле, например, для третьей гармоники:

$$I_{(3)}(A) = \frac{I_{(3)}(\%)}{100} \cdot I_{(1)}(A) = \frac{20,4}{100} \cdot 5,82 = 1,1872A.$$

Зная действующие значения токов отдельных гармоник, выраженных в амперах, вычисляем действующие значения токов гармоник кратных трём:

$$I_{(3)} = \sqrt{I_{(3)}^2 + I_{(9)}^2}, \quad (9)$$

и остальных нечётных гармоник:

$$I_{(j)} = \sqrt{I_{(5)}^2 + I_{(7)}^2 + I_{(11)}^2 + I_{(13)}^2}. \quad (10)$$

Коэффициент гармоник, обусловленный гармониками, не кратными трём v^2 , и коэффициент гармоник, обусловленный гармониками, кратными трём λ^2 , вычисляются по формулам (6) и (7). Затем определяются соответствующие потери мощности $\Delta P_{(k)}$, $\Delta P_{(j)}$, $\Delta P_{(1)}$ и ΔP_{ω} по формулам (3), (4) и критерию потерь K_{ω} и K_{ω}^1 для трансформатора и линии. Сравнивая значения критерия потерь, определённых по разным формулам, мы видим из табл. 3 и 4, что они совершенно одинаковы. Следовательно, вывод формулы для критерия потерь мощности от несинусоидальных токов (6) правильный.

Сравним критерии потерь мощности от несинусоидальных токов в трансформаторах и в линии для двух вариантов электроснабжения (табл. 3 и 4):

– критерий потерь мощности для трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Yн $K_{\omega Y/Yн}$ для 1-го опыта равен 0,577, а для 4-го опыта – 0,0263;

– критерий потерь мощности для трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Zн $K_{\omega Y/Zн}$ для 1-го опыта равен 0,1255, а для 4-го опыта – 0,011;

Отношение критериев потерь в трансформаторах:

$$1\text{-й опыт: } \frac{K_{\omega Y/Yн}}{K_{\omega Y/Zн}} = \frac{0,577}{0,1255} = 4,6;$$

$$4\text{-й опыт: } \frac{K_{\omega Y/Yн}}{K_{\omega Y/Zн}} = \frac{0,0263}{0,011} = 2,4.$$

Из этих экспериментальных данных видно, что критерий потерь мощности от несинусоидальных токов в трансформаторе Y/Yн в 2,4 – 4,6 раза больше по сравнению с трансформаторами Y/Zн. В линии картина с потерями противоположная. Критерий потерь мощности в линии с трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Yн $K_{\omega Y/Yн}$ в 1-м опыте равен 0,14, а в 4-м опыте – 0,0069. Отношение критериев потерь в линии:

$$1\text{-й опыт: } \frac{K_{\omega Y/Zн}}{K_{\omega Y/Yн}} = \frac{0,2684}{0,14} = 1,92;$$

$$4\text{-й опыт: } \frac{K_{\omega Y/Zн}}{K_{\omega Y/Yн}} = \frac{0,0521}{0,0069} = 7,6.$$

Таблица 3. Результаты расчёта критерия потерь мощности от несинусоидальных токов в сети 0,38 кВ с трансформатором Y/Ун; симметричная нагрузка - лампы VIALOX NAV-E 400W E40; по данным измерений

| | Физич. величина | Единица измерения | Номер опыта | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-------------|----------|----------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Трансформатор Y/Ун, Линия | Измерено | | | | | |
| | $P_{ВХ}$ | Вт | 3864 | 7460 | 14073 | 20107 |
| | $P_{ВЫХ1}$ | Вт | 3690 | 7230 | 13657 | 19506 |
| | $P_{ВЫХ2}$ | Вт | 3655 | 7110 | 12976 | 17930 |
| | $I_{A(1)}$ | А | 5,82 | 11,176 | 21,5 | 30,3 |
| | Вычислено | | | | | |
| | $I_{A(3)}$ | А | 1,1872 | 0,80243 | 1,161 | 1,305 |
| | $I_{A(5)}$ | А | 0,2793 | 0,79349 | 0,774 | 1,06 |
| | $I_{A(7)}$ | А | 0,1164 | 0,23469 | 0,193 | 0,057 |
| | $I_{A(9)}$ | А | 0,1164 | 0,08940 | 0 | 0 |
| | $I_{A(11)}$ | А | 0,5529 | 0,20116 | 0,193 | 0,175 |
| | $I_{A(13)}$ | А | 0 | 0,16764 | 0 | 0,06 |
| | $I_{(k)}$ | А | 1,193 | 0,8074 | 1,161 | 1,306 |
| | $I_{(j)}$ | А | 0,6303 | 0,8679 | 0,82 | 1,078 |
| v^2 | о. е. | 0,01173 | 0,00603 | 0,001455 | 0,001266 | |
| λ^2 | о. е. | 0,042 | 0,0522 | 0,002916 | 0,001858 | |
| Трансформатор Y/Ун | $\Delta P_{(k)}$ | Вт | 11,61 | 5,32 | 11 | 13,92 |
| | $\Delta P_{(j)}$ | Вт | 0,24 | 0,457 | 0,4 | 0,7 |
| | $\Delta P_{(1)}$ | Вт | 20,53 | 75,69 | 280,12 | 556,36 |
| | ΔP_{ω} | Вт | 11,85 | 5,777 | 11,4 | 14,62 |
| | K_{ω} | о. е. | 0,577 | 0,076 | 0,0407 | 0,0263 |
| | K_{ω}^I | о. е. | 0,577 | 0,076 | 0,0407 | 0,0263 |
| Линия | $\Delta P_{(k)}$ | Вт | 6,03 | 2,76 | 5,7 | 7,22 |
| | $\Delta P_{(j)}$ | Вт | 0,55 | 1,04 | 0,93 | 1,61 |
| | $\Delta P_{(1)}$ | Вт | 46,95 | 173,12 | 640,68 | 1272,47 |
| | ΔP_{ω} | Вт | 6,58 | 3,8 | 6,63 | 8,83 |
| | K_{ω} | о. е. | 0,14 | 0,022 | 0,0103 | 0,0069 |
| | K_{ω}^I | о. е. | 0,14 | 0,023 | 0,0103 | 0,0069 |

Примечание: $R_{1T}=0,202$ Ом, $R_{0T}=2,72$ Ом, $R_{1Л}=0,462$ Ом, $R_{0Л}=1,411$ Ом.

Таким образом, критерий потерь мощности от несинусоидальных токов в линии с трансформатором Y/Zн в 1,92 – 7,6 раза больше по сравнению с линией с трансформатором Y/Ун. Для снижения уровня третьей гармоники в линии и критерия потерь мощности от несинусоидальных токов нами проведены экспериментальные исследования четырёх схем включения ламп в трёхфазную сеть 0,38 кВ. Схема (рис. 6) позволяет снизить

уровень третьей гармоники в линии в 15 раз. Критерий потерь мощности от несинусоидальных токов в трансформаторе Y/Ун в 10 раз, а в линии в 3 раза меньше по сравнению со схемой, изображённой на рис.1.

Таблица 4. Результаты расчёта критерия потерь мощности от несинусоидальных токов в сети 0,38 кВ с трансформатором Y/Zn; симметричная нагрузка - лампы VIALOX NAV-E 400W E40; по данным измерений

| | Физич. величина | Единица измерения | Номер опыта | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-------------|--------|---------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Трансформатор Y/Ун, Линия | Измерено | | | | | |
| | $P_{ВХ}$ | Вт | 3920 | 7515 | 14130 | 20320 |
| | $P_{ВЫХ1}$ | Вт | 3804 | 7266 | 13800 | 19665 |
| | $P_{ВЫХ2}$ | Вт | 3775 | 7060 | 13072 | 18300 |
| | $I_{A(1)}$ | А | 5,94 | 11,1 | 21,4 | 30,55 |
| | Вычислено | | | | | |
| | $I_{A(3)}$ | А | 1,3602 | 2,397 | 3,638 | 3,7576 |
| | $I_{A(5)}$ | А | 1,3959 | 3,618 | 2,568 | 2,2912 |
| | $I_{A(7)}$ | А | 1,289 | 0,832 | 0,214 | 0,4582 |
| | $I_{A(9)}$ | А | 0,0594 | 0,055 | 0 | 0,0611 |
| | $I_{A(11)}$ | А | 0,4455 | 0,377 | 0,385 | 0,3055 |
| | $I_{A(13)}$ | А | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $I_{(k)}$ | А | 1,3615 | 2,3982 | 3,638 | 3,7581 |
| | $I_{(j)}$ | А | 1,9515 | 3,732 | 2,605 | 2,3565 |
| v^2 | о. е. | 0,1079 | 0,113 | 0,0148 | 0,00595 | |
| λ^2 | о. е. | 0,05254 | 0,046679 | 0,0289 | 0,01513 | |
| Трансформатор Y/Ун | $\Delta P_{(k)}$ | Вт | 0,428 | 1,327 | 3,053 | 3,258 |
| | $\Delta P_{(j)}$ | Вт | 2,628 | 9,61 | 4,682 | 3,832 |
| | $\Delta P_{(1)}$ | Вт | 24,35 | 85,02 | 315,99 | 643,98 |
| | ΔP_{ω} | Вт | 3,056 | 10,937 | 7,735 | 7,09 |
| | K_{ω} | о. е. | 0,1255 | 0,1286 | 0,0244 | 0,011 |
| | K_{ω}^I | о. е. | 0,1255 | 0,1286 | 0,0244 | 0,011 |
| Линия | $\Delta P_{(k)}$ | Вт | 7,847 | 24,346 | 56,024 | 59,784 |
| | $\Delta P_{(j)}$ | Вт | 5,278 | 19,3 | 9,4 | 7,697 |
| | $\Delta P_{(1)}$ | Вт | 48,9 | 170,77 | 634,73 | 1293,56 |
| | ΔP_{ω} | Вт | 13,125 | 43,646 | 65,424 | 67,481 |
| | K_{ω} | о. е. | 0,2684 | 0,2555 | 0,103 | 0,0521 |
| | K_{ω}^I | о. е. | 0,2684 | 0,2555 | 0,103 | 0,0521 |

Примечание: $R_{1T}=0,202$ Ом, $R_{0T}=2,72$ Ом, $R_{1Л}=0,462$ Ом, $R_{0Л}=1,411$ Ом.

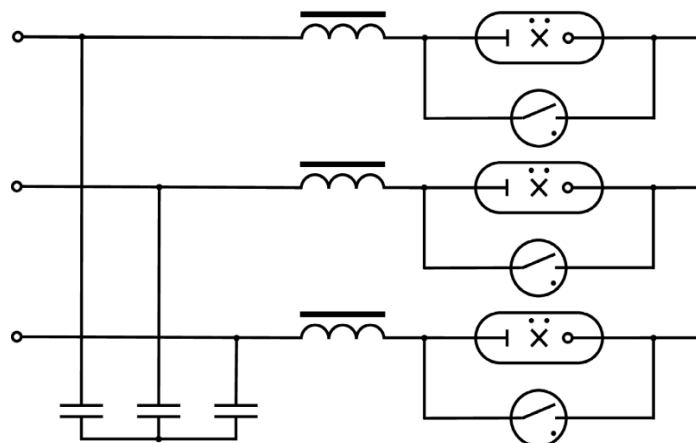


Рис. 6. Схема включения ламп для снижения в линии уровня третьей гармоники и критерия потерь мощности

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Авторами статьи разработан критерий потерь мощности от несинусоидальных токов в трёхфазных трансформаторах и четырёхпроводных линиях электропередачи, который используется для экспериментального исследования дополнительных потерь мощности в сельских сетях 0,38 кВ.

2. Проведены экспериментальные исследования критерия потерь мощности от несинусоидальных токов, по результатам которых рассчитан критерий потерь мощности по двум различным формулам с хорошей сходимостью результатов расчёта. Это подтверждает правильность вывода математического выражения для критерия потерь.

3. Исследованы с помощью критерия потерь мощности от несинусоидальных токов схемы электроснабжения облучательных установок с трансформаторами Y/Y_n и Y/Z_n . Потери мощности от несинусоидальных токов в трансформаторе Y/Z_n с малым сопротивлением нулевой последовательности меньше в 2,4 – 4,6 раза по сравнению с трансформатором Y/Y_n .

4. Потери мощности от несинусоидальных токов в линии с трансформатором Y/Z_n в 2 – 8 раз больше по сравнению с линией и трансформатором Y/Y_n .

5. Разработана схема включения ламп в трёхфазную сеть 0,38 кВ с малым уровнем третьей гармоники и малыми потерями мощности от несинусоидальных токов. Схема, изображённая на рис. 6, позволяет снизить уровень третьей гармоники в линии в 15 раз, критерий потерь мощности от несинусоидальных токов в трансформаторе Y/Y_n – в 10 раз, а в линии – в 3 раза по сравнению со схемой, изображённой на рис. 1.

Литература

1. **Васильев Н.В.** Снижение потерь электрической энергии в сети 0,38 кВ, обусловленных нелинейностью тепличных облучательных установок путём модернизации пускорегулирующей аппаратуры: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2008. – С. 136.
2. **ГОСТ 32144-2013.** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014.
3. **Дрехслер Р.** Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке / Пер. с чешск. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.
4. **Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Кузнецова Е.С.** Новые научные направления в энергосбережении в трёхфазных трансформаторах и четырёхпроводных линиях при несимметричной, нелинейной и реактивной нагрузках // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №2(47) – С. 300 – 309.

5. **Патент на изобретение №2638904.** Способ измерения потерь мощности от несинусоидальных токов в трёхфазных трансформаторах и четырёхпроводных линиях электропередачи / Ф.Д. Косоухов, А.О. Филиппов, Н.В. Васильев, Н.Ю. Криштопа, З.Р. Галиева, А.С. Паутов. Зарегистрировано 18 декабря 2017 г.

Literatura

1. **Vasil'ev N.V.** Snizhenie poter' elektricheskoy energii v seti 0,38 kV, obuslovlennyh nelinejnost'yu teplichnyh obluchatel'nyh ustanovok putyom modernizacii puskoreguliruyushchej apparatury: dis. ... kand. tekhn. nauk. – SPb., 2008. – S. 136.
2. **GOST 32144-2013.** Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemah elektroснабзheniya obshchego naznacheniya. – M.: Standartinform, 2014.
3. **Drekhsl'er R.** Izmerenie i ocenka kachestva elektroenergii pri nesimmetrichnoj i nelinejnoj nagruzke / Per. s cheshsk. – M.: Energoatomizdat, 1985. – 112 s.
4. **Kosouhov F.D., Vasil'ev N.V., Kuznecova E.S.** Novye nauchnye napravleniya v energosberezhenii v tryohfaznyh transformatorah i chetyryohprovodnyh liniyah pri nesimmetrichnoj, nelinejnoj i reaktivnoj nagruzkah // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №2(47) – S. 300 – 309.
5. **Patent na izobretenie №2638904.** Sposob izmereniya poter' moshchnosti ot nesinusoidal'nyh tokov v tryohfaznyh transformatorah i chetyryohprovodnyh liniyah elektroperedachi / F.D. Kosouhov, A.O. Filippov, N.V. Vasil'ev, N.YU.Krishtopa, Z.R. Galieva, A.S. Pautov. Zaregistrovano 18 dekabrya 2017 g.

УДК 663.91522

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12135

Доктор техн. наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, mysnegana@mail.ru)
Канд. техн. наук **В.С. ВОЛКОВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, vol9795@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРАХ

На современном этапе научного развития тема разработки энергоэффективных диспергаторов, обеспечивающих высокую энергетическую эффективность и селективность процесса измельчения сельскохозяйственного сырья, является актуальной. Как показала практика, известные в настоящее время диспергаторы с механическим способом формирования диспергирующих нагрузок не отвечают современным требованиям производства как по высокому значению энергоёмкости готового продукта, так и по низким качественным показателям [1]. Одним из основных требований, предъявляемых к качеству продукции во многих производствах, является монодисперсность фракционного состава [2, 3, 4]. Механические диспергаторы не обеспечивают условий селективного (избирательного) измельчения материала, что требует введения в аппаратурно-технологические системы переработки сырья дополнительного оборудования — классификаторов. Это усложняет схему процесса измельчения при одновременном снижении показателей энергоэффективности предприятий и повышении стоимости готовых изделий. В последние годы интенсивно развивается направление по созданию диспергаторов, использующих энергию электромагнитных полей для формирования диспергирующих нагрузок [5]. Эти аппараты отличаются высокой локальной интенсивностью воздействия на частицы материала при минимальных затратах энергии. Дальнейшее развитие этого направления на

базе теоретических и фундаментальных исследований физико-механических процессов диспергирования в магнитоожигенном слое ферротел позволит создать энергоэффективные аппараты для предприятий АПК.

Цель исследований - теоретические основы формирования условий измельчения материалов в электромеханических диспергаторах, обеспечивающих повышение селективности и энергоэффективности процессов переработки сырья растительного и животного происхождения.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования являются электромеханические диспергаторы. К предмету исследования относятся закономерности формирования равномерного силового поля в рабочих объемах электромеханических диспергаторов.

Результаты исследования. В электромеханических диспергаторах цилиндрического исполнения [5] интенсивность и селективность процесса измельчения материалов [6] определяется равномерностью распределения ударно-стирающих нагрузок в контактных системах магнитоожигенного слоя ферротел через прослойку перерабатываемого продукта. На основании анализа исследований [6] установлено, что основными факторами, определяющими равномерность распределения нагрузки в рабочих объемах электромеханических диспергаторов цилиндрического исполнения, являются:

- фактор воздействия центробежной силы на ферротела магнитоожигенного слоя (на размольные элементы);
- распределение магнитных силовых линий в рабочей зоне переработки продукта;
- величина магнитной индукции в зоне контактных взаимодействий «размольный элемент – частица продукта – размольный элемент»;
- отсутствие участков аппаратов с насыщенным состоянием стали магнитопровода.

Схема исследуемых рабочих зон электромеханических диспергаторов цилиндрического исполнения представлена на рис. 1.

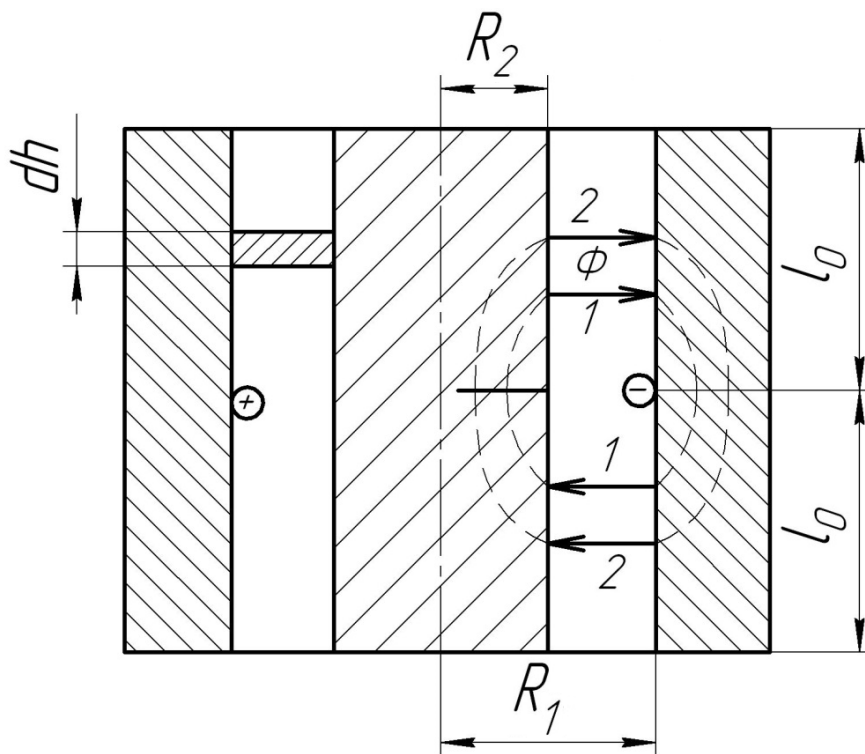


Рис. 1. Схема исследуемых рабочих зон электромеханических диспергаторов цилиндрического исполнения:

dh – элемент рабочего зазора; R_1, R_2 – радиусы цилиндрических образующих рабочего зазора; $2L_0$ – высота рабочего зазора; Φ – магнитный поток, проходящий через элементы диспергатора; 1 и 2 – контуры циркуляции вектора напряженности H

На рис. 2 приведена схема расчетного элемента рабочего зазора.

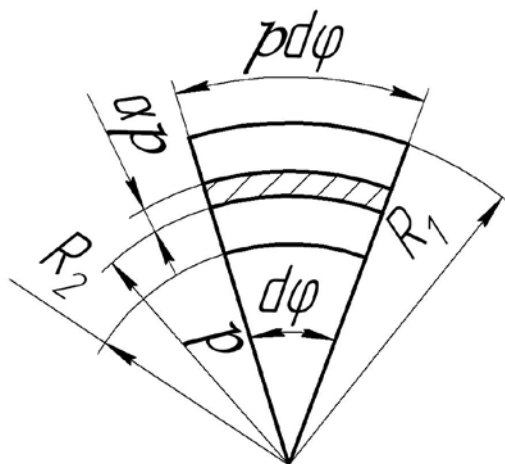


Рис. 2. Схема расчетного элемента рабочего зазора

Диаграмма вектора напряженности в исследуемом зазоре электромеханического диспергатора цилиндрического исполнения приведена на рис. 3.

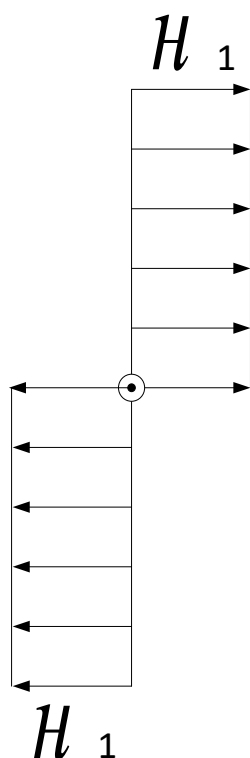


Рис. 3. Диаграмма вектора напряженности в исследуемом объеме электромеханического диспергатора

Магнитный поток Φ , проходящий через элементы устройства, определен формулой:

$$\Phi = \mu_0 \int_{S_k} H_0 \, dS_k, \quad (1)$$

где μ_0 — магнитная проницаемость рабочего зазора.

На основании закона полного тока

$$\oint H dl_c = W_y I_y, \quad (2)$$

получены следующие выражения для контуров циркуляции вектора напряженности H :

$$H_{1cp} h_0 + H_{1cp} h_0 = \omega i, \quad (3)$$

$$H_{1cp} h_0 + H_{2cp} h_0 = \omega i. \quad (4)$$

В выражениях (3) и (4) электрический ток, протекающий по обмотке управления, размещенной в корпусе электромеханического диспергатора, идеализирован одним витком ω с нулевым диаметром провода и током i [7]. Также принято допущение, что $\mu_k = \infty$ (т.е. конструктивные элементы аппарата выполнены из материалов с высоким значением магнитной проницаемости μ). При этом магнитный поток входит в поверхность конструктивных элементов диспергатора под прямым углом.

Анализ представленных выражений позволяет сделать вывод, что при принятых допущениях величина напряженности по высоте диспергатора имеет одинаковое значение, то есть магнитное поле в рабочем зазоре исследуемых аппаратов имеет равномерно-радиальную структуру:

$$H_{1cp} = H_{2cp} = H_{cp} \quad (5)$$

Выражение для определения среднего значения напряженности в электромеханических диспергаторах цилиндрических конструкций имеет вид:

$$H_{cp} = \frac{\omega i}{2(R_1 - R_2)}. \quad (6)$$

На основании закона непрерывности магнитного потока можно записать:

$$\Phi_1 = 2\pi R_1 l_0 B_1; \quad (7)$$

$$\Phi_2 = 2\pi R_2 l_0 B_2. \quad (8)$$

или

$$\Phi_1 = 2\pi R_1 l_0 \mu_0 H_1; \quad (9)$$

$$\Phi_2 = 2\pi R_2 l_0 \mu_0 H_2, \quad (10)$$

где B_1 , H_1 — величина индукции и напряженности магнитного поля на наружной поверхности, ограничивающей исследуемый элемент рабочего зазора.

B_2 , H_2 — величина индукции и напряженности магнитного поля на внутренней поверхности, ограничивающей исследуемый элемент рабочего зазора.

Из анализа выражений (9) и (10) следует, что параметры магнитного поля возрастают по линейному закону в радиальном направлении от внешней к внутренним поверхностям рабочего зазора устройства:

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{R_1}{R_2},$$

и

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (11)$$

Тогда расчетные формулы для определения напряженности H_0 и индукции B_0 магнитного поля в любой точке рабочего объема на уровне радиуса ρ ($R_2 \leq \rho \leq R_1$) примут вид:

$$H_0 = \frac{\omega i (R_1 + R_2 - \rho)}{R_1^2 - R_2^2}; \quad (12)$$

$$B_0 = \frac{\mu_0 \omega i (R_1 + R_2 - \rho)}{R_1^2 - R_2^2}, \quad (13)$$

На участке « $l - \alpha$ », представленном на схеме аппарата (рис. 4), магнитная энергия определена выражениями:

$$W_{\text{э}}^{l-\alpha} = \frac{1}{2} \mu_0 \int_{R_2}^{R_1} \int_0^{2\pi} \int_0^{2l} \frac{\omega^2 i^2 (R_1 + R_2 - \rho)^2}{(R_1^2 - R_2^2)} d\rho d\phi dh$$

$$W_{\text{э}}^{l-\alpha} = \frac{2\mu_0 \omega^2 i^2 \pi l_0}{R_1^2 - R_2^2} \left[\frac{1}{2} (R_1 + R_2)^2 - \frac{2}{3} (R_1 + R_2) (R_1 - R_2) + \frac{1}{4} (R_1^2 - R_2^2) \right];$$

$$W_{\text{э}}^{l-\alpha} = \frac{\mu_0 \pi \omega^2 i^2 (l - \alpha)}{6} \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}. \quad (14)$$

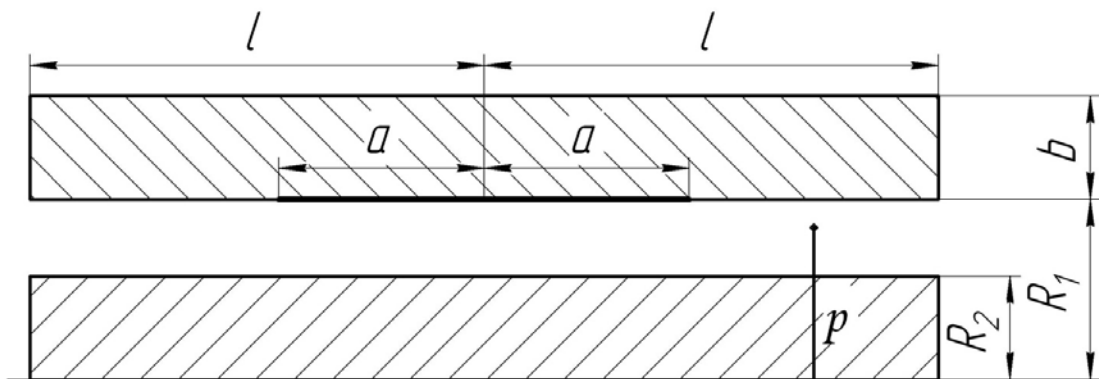


Рис. 4. Схема аппарата с расчетными участками магнитной энергии

С учетом равенства

$$\frac{\mu_0 \pi \omega^2 i^2 (l - \alpha)}{6} \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2} = \frac{1}{2} L_{\vartheta} i^2$$

индуктивность обмотки управления на исследуемом участке определена формулой:

$$L_{\vartheta}^{l-\alpha} = \frac{1}{3} \mu_0 \pi \omega^2 (l - \alpha) \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}. \quad (15)$$

Магнитная энергия на «а» участке равна:

$$W_{\vartheta}^{\alpha} = \frac{1}{2} \mu_0 \int_{R_2}^{R_1} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\alpha} \frac{x^2 W_y^2 I_y^2 (R_1 + R_2 - \rho)^2}{\alpha^2 (R_1^2 - R_2^2)^2} d\rho d\varphi dx.$$

$$W_{\vartheta}^{\alpha} = \mu_0 \frac{\pi W_y^2 I_y^2 \alpha}{18} \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}. \quad (16)$$

Суммарная магнитная энергия на участках «l-а» и «а» определена по формуле:

$$W_{\vartheta}^{\Sigma} = \mu_0 \frac{\pi W_y^2 I_y^2 (l - \frac{2}{3}\alpha)}{6} \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}. \quad (17)$$

Индуктивность I_{ϑ}^{Σ} обмотки управления находится из равенства:

$$\mu_0 \frac{\pi W_y^2 I_y^2 \left(l - \frac{2}{3}\alpha\right)}{6} \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2} = \frac{1}{2} L_{\vartheta}^{\Sigma} I_y^2,$$

$$L_{\vartheta}^{\Sigma} = \mu_0 \frac{\pi W_y^2 \left(l - \frac{2}{3}\alpha\right)}{3} \frac{1 + 4 \frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2}. \quad (18)$$

Магнитный поток Φ , проходящий по корпусу устройства, можно представить в виде:

$$\Phi = 2\pi\mu_0 R_1 \left[\int_0^\alpha \frac{W_y I_y R_2}{R_1^2 - R_2^2} \frac{x}{\alpha} dx + \frac{W_y I_y R_2}{R_1^2 - R_2^2} (l - \alpha) \right]. \quad (19)$$

Тогда искомое уравнение для вычисления величины магнитного потока примет вид:

$$\Phi = 2\pi\mu_0 \frac{W_y I_y R_1 R_2}{R_1^2 - R_2^2} \left(l - \frac{\alpha}{2} \right). \quad (20)$$

Корпус электромеханических диспергаторов цилиндрического исполнения — самый насыщенный в магнитном отношении участок магнитопровода.

С учетом представленных уравнений можно записать:

$$2\pi\mu_0 \frac{W_y I_y R_1 R_2}{R_1^2 - R_2^2} \left(l - \frac{\alpha}{2} \right) = B_{\text{К.дп}} \cdot 2\pi R_1 \hat{a}. \quad (21)$$

Тогда искомое уравнение для определения допустимой величины индукции в корпусе диспергатора примет вид:

$$B_{\text{К.дп}} = \mu_0 \frac{W_y I_y R_2}{R_1^2 - R_2^2} \frac{\left(l - \frac{\alpha}{2} \right)}{\hat{a}}. \quad (22)$$

Вывод. Представленные результаты теоретических исследований строения магнитного поля в рабочих объемах электромеханических диспергаторов позволяют давать практические рекомендации по проектированию энергоэффективных аппаратов, обеспечивающих повышение показателя селективности перерабатываемого сырья сельскохозяйственного назначения.

Литература

1. Ясинский Ф.Н., Гуюмджян П.П., Дмитриева Л.А. Некоторые обобщения экспериментальных исследований ударного разрушения хрупких материалов // XII Бенардосовские чтения: материалы международной научно-технической конференции. – Иваново, 2005. – 147с.
2. Левданский А.Э., Левданский Э.И., Вилькоцкий А.И. Энергосберегающая технология производства крупы // Белорусское сельское хозяйство. – 2002. – №3. – С.41 – 42.
3. Matijević E. Nanosize Precursors as Building Blocks for Monodispersed Colloids // Коллоидный журнал. – 2001. – Т. 69.- №1. – С. 33 – 42.
4. Аметистов Е.В., Дмитриев А.С. Новая отрасль науки и практики — монодисперсные технологии // Вестник РАН.- 2001.- Т. 71.- №9.- 818 с.
5. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения // Успехи современного естествознания. – 2014. - №5 (часть 1). – С. 182 – 183.
6. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование селективности процесса измельчения в электромагнитных механоактиваторах: монография. - СПб.: СПбГАУ, 2016. - 248 с.
7. Максвелл Д.К. О Фарадеевых силовых линиях. – М., 1907. – 185 с.

Literatura

1. **YAsinskij F.N., Guyumdzhyan P.P., Dmitrieva L.A.** Nekotorye obobshcheniya eksperimental'nyh issledovanij udarnogo razrusheniya hrupkih materialov. // XII Benardosovskie chteniya. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. – Ivanovo, 2005.147pp.
2. **Levdanskij A.E., Levdanskij E.I., Vil'kockij A.I.** Energoberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva krupy // Belorusskoe sel'skoe hozyajstvo. – 2002. – №3.-P.41-42.
3. **Matijevic E.** Nanosize Precursors as Building Blocks for Monodispersed Colloids // Kolloidnyj zhurnal. – 2001. – Т. 69.- №1. – P. 33–42.
4. **Ametistov E.V., Dmitriev A.S.** Novaya otrasl' nauki i praktiki – monodispersnye tekhnologii // Vestnik RAN.- 2001.- Т.- 71.- №9.- 818 p.
5. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Mekhanoaktivatory agropromyshlennogo kompleksa. Analiz, innovacii, izobreteniya // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2014. – №5 (chast' 1). – P. 182 – 183.
6. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Issledovanie selektivnosti processa izmel'cheniya v elektromagnitnyh mekhanoaktivatorah: monografiya. - SPb.: SPbGAU, 2016. 248 s.
7. **Maksvell D.K.** O Faradeevyh silovyh liniyah. – M., 1907. – 185 pp.

УДК 624.313

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12142

Доктор техн. наук **А.П. ЕПИФАНОВ**
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, emeo.kaf@yandex.ru)
 Ассистент **Д.Б. КРИЛЬ**
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, bruder_dan@mail.ru)

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОСКОРОСТНЫХ
 ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОНОРЕЛЬСОВЫХ
 ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

В сельском хозяйстве имеется ряд технологических процессов, в которых рабочий орган агрегата совершает линейные перемещения или возвратно-поступательные движения (ленточные транспортёры, сортировальные машины, зернотранспортёры, кормораздатчики). Как было показано в [1,2,3], для привода рабочих органов в этих механизмах рационально применение линейных асинхронных двигателей (ЛАД). Однако в некоторых процессах (транспортировка, кормораздача, сбор урожая в теплицах) требуется низкая скорость перемещения рабочего органа (транспортного средства).

В настоящее время это достигается путём совмещения вращающегося асинхронного двигателя и различного рода передач (зубчатых, фрикционных, ременных), понижающих скорость (редукторы). Данный способ имеет ряд недостатков: 1) передача тягового усилия трением; 2) пробуксовка отдельных узлов (ведущие ролики, ремни, шкивы); 3) усложнённая кинематическая схема; 4) зависимость коэффициента сцепления от состояния путевой структуры.

Предлагались варианты сельскохозяйственных агрегатов, в которых низкие скорости достигались применением ЛАД (рис. 1). Благодаря конструктивным особенностям, ЛАД, помимо возможности успешного совмещения вторичного элемента (или индуктора) с рабочим органом, лишён недостатков, присущих классическому приводу. Однако низкие скорости приводят к снижению энергетических показателей (η , $\cos \varphi$) электродвигателя и механизма в целом.

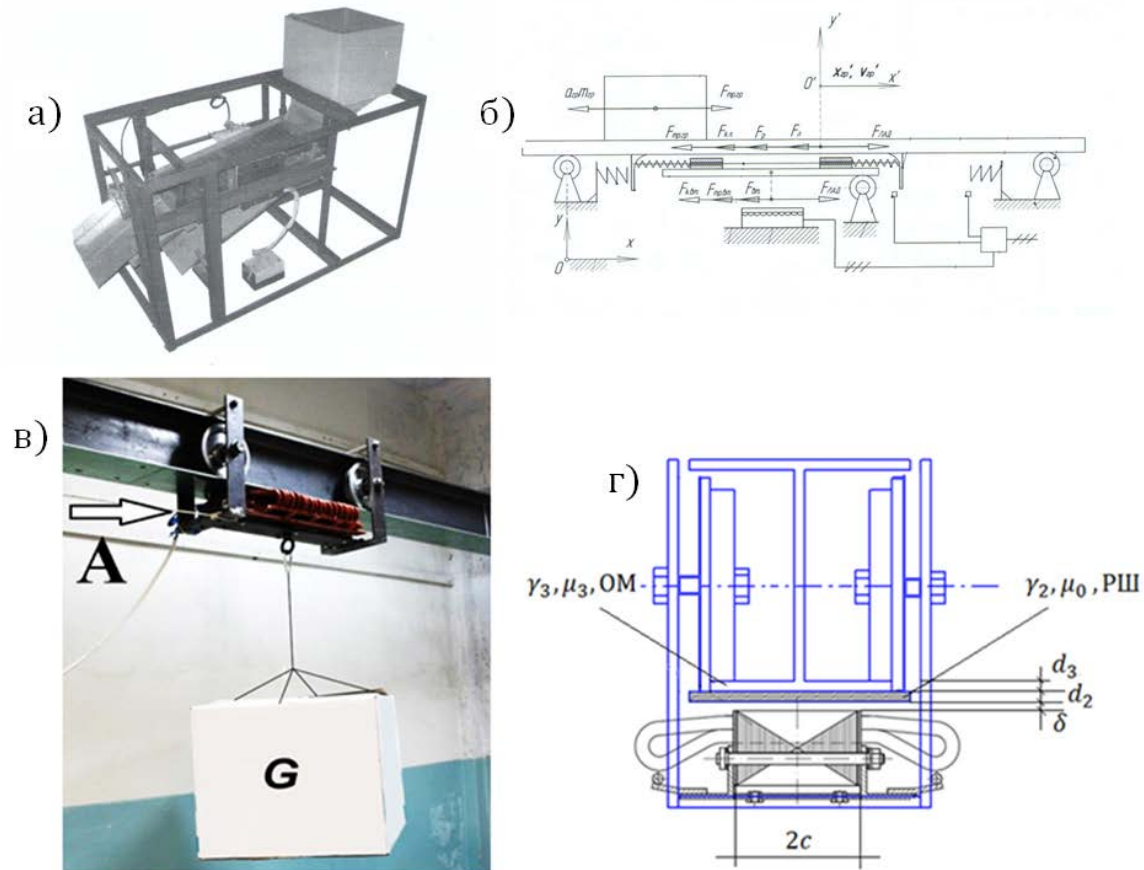


Рис. 1. Виды с.-х. агрегатов с приводом на базе ЛАД:
 а) решетный стан для очистки зерна; б) инерционный конвейер для транспортировки влажного сахара
 в) тяговый модуль монорельсовой транспортной системы; г) поперечный разрез модуля

Действительно, эти показатели определяются как [6,7]:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M \cdot \omega}{M \cdot \omega + \Delta P_{эл1} + \Delta P_{эл2} + \Delta P_{Fe}} \quad (1)$$

Отсюда видно, что при $M = const$ и при снижении угловой скорости вращения ω , полезная мощность P_2 снижается, а потери в обмотках машины ($\Delta P_{эл1} + \Delta P_{эл2}$) не изменяются, что приводит к снижению КПД.

Для коэффициента мощности справедливо [9]:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} \quad (2)$$

При несинусоидальных формах напряжения и тока:

$$\chi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + T^2}} \quad (3)$$

где T – мощность искажения (по характеру – реактивная).

Питание электродвигателя от преобразователя частоты (ПЧ) (рис. 2) приводит к дополнительным потерям и снижению η и χ , связанным с потерями в вентилях, потерями от токов высших гармоник, искажением формы U и I и режимами работы. Энергетические показатели привода в большей степени определяются η , поскольку χ может быть повышен за счет применения различных мероприятий по компенсации реактивной мощности [5].

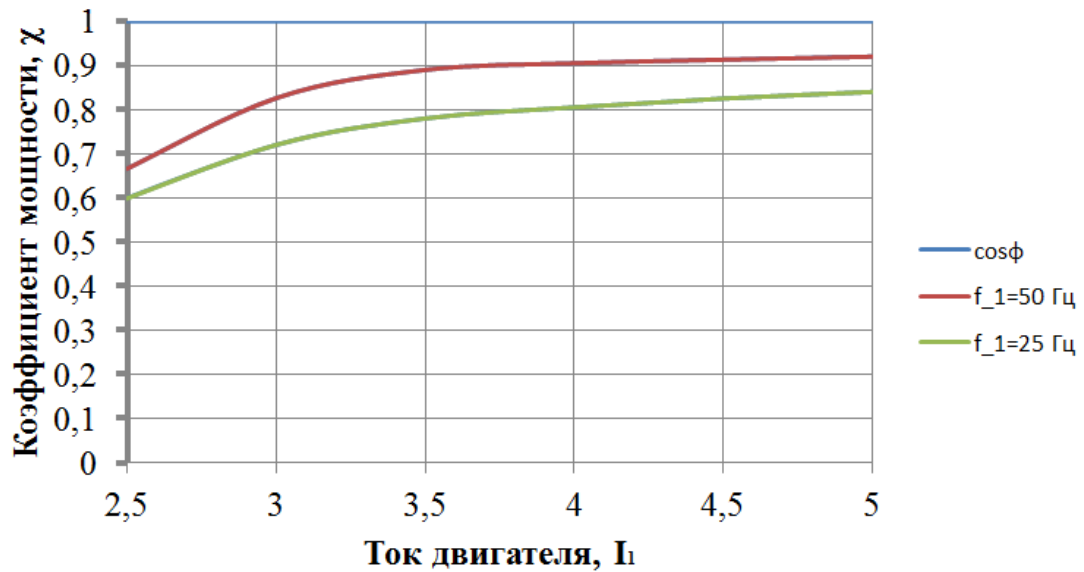


Рис. 2. Зависимость коэффициента мощности от загрузки АД при питании от ПЧ

Снижение η и χ в низкоскоростных двигателях рассматривалось в [6,7,8]. Несмотря на это, вопрос повышения эффективности таких машин остаётся актуальным и на сегодняшний день.

Исходя из рассмотрения физических процессов и анализа теории электрических машин (вращающихся и линейных), можно сформулировать несколько путей решения вопроса повышения эффективности ЛАД:

- выбор рациональных значений конструктивных параметров (δ ; d_2 ; γ_2 ; τ ; f_1);
- новые конструктивные исполнения вторичного элемента (короткозамкнутая клетка, шлицованная реактивная шина), (рис. 3);
- максимально возможное уменьшение немагнитного зазора: $\Delta = \delta' + d_2$.

В низкоскоростных ЛАД концевые эффекты оказывают слабое влияние на КПД, поэтому их можно не учитывать. Для каждого из предложенных выше вариантов следует учитывать, что при разработке ЛАД существуют ограничения:

- 1) по скорости ($min \leq 2 \cdot \tau \cdot f_1 \leq max$),
- 2) по зазору ($min \leq \delta \leq max$),
- 3) по материалу РШ ($min \leq \gamma_2 \leq max$),
- 4) по отношению $\frac{\tau}{\delta}$ и $\frac{2c}{\tau} \geq min$,
- 5) по технологии изготовления.

Цель исследования – поиск и анализ наиболее доступных и эффективных способов повышения энергетических характеристик в низкоскоростных ЛАД.

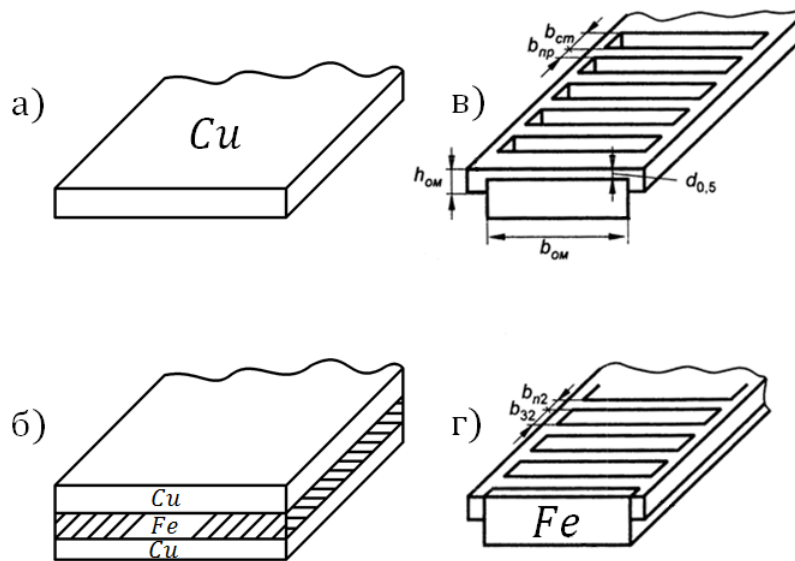


Рис. 3. Различные исполнения вторичной структуры:

- а) однородная изотропная проводящая шина; б) составная шина с магнитопроводящим элементом;
- в) шлицованная шина; г) развёрнутая «беличья» клетка

Материалы, методы и объекты исследования. Объект исследования – полномасштабный макет монорельсовой транспортной системы с низкоскоростным ОЛАД с массивным обратным магнитопроводом. Предмет исследования – влияние конструктивных особенностей индуктора и ВЭ ОЛАД на его тягово-энергетические показатели.

Для установления количественных соотношений были выполнены расчётно-теоретические исследования. Расчёт параметров и интегральных характеристик ЛАД выполнялся по методике (рис. 4) [4], базирующейся на рассмотрении трёхмерного электромагнитного поля в зазоре и РШ. В результате расчёта получены зависимости усилий, мощностей, η и $\cos \varphi$ в функции скольжения s . Как было показано в [9], данная методика наилучшим образом учитывает физические процессы в машине, что обеспечивает высокую сходимость экспериментальных и теоретических данных (расхождение не более 5%) [3,9].

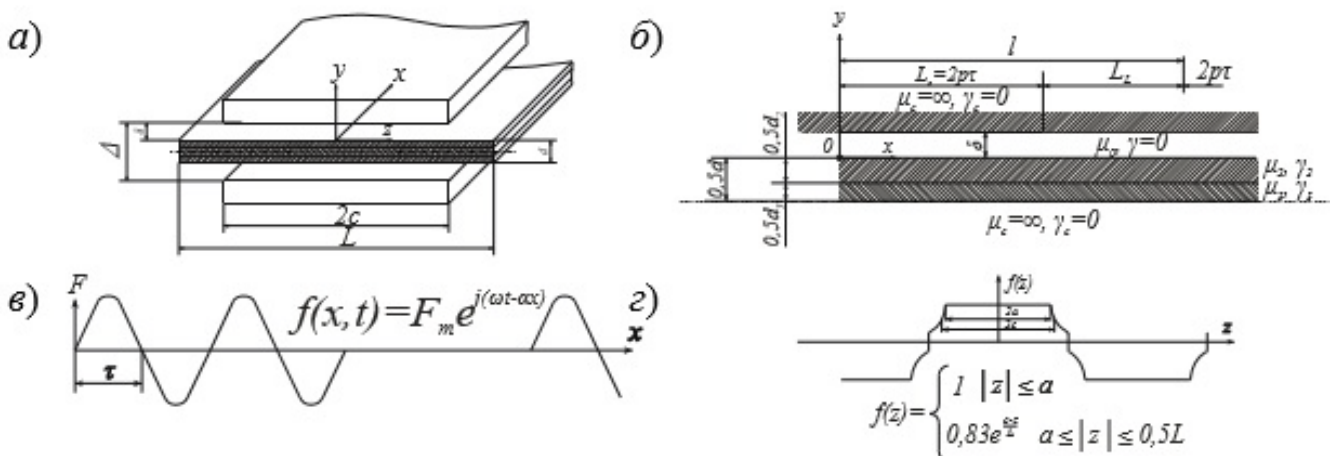


Рис. 4 Трёхмерная расчётно-математическая модель: а) общая схема; б) продольный разрез (по оси x); в) распределение МДС по оси x ; г) распределение МДС по поперечной оси z .

Для построения и анализа характеристик был выбран ЛАД со следующими параметрами:

Индуктор: исполнение – односторонний; обмотка – однослойная; $2\text{ с} = 0,12\text{ м}$;
 $\tau = 0,12\text{ м}$; $A_1 = 50000 \frac{\text{А}}{\text{м}}$; $J_1 = 5000000 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$; $2p = 4$; $f_1 = 10\text{ Гц}$

Вторичный элемент: изотропная проводящая шина; $L = 0,2\text{ м}$; $d_2 = 2\text{ и }4\text{ мм}$;
 $\gamma_2^{Cu} = 5,7 \cdot 10^7 \frac{\text{См}}{\text{м}}$; $\gamma_2^{Cu'} = 11,4 \cdot 10^7 \frac{\text{См}}{\text{м}}$; $\mu_2 = 1$; $d_3 = 9\text{ мм}$; $\mu_{r3} = 400$ [8,9].

Воздушный зазор: $\delta = 1\text{ мм}$

Результаты исследования:

Полученные характеристики представлены на рис. 5 и 6.

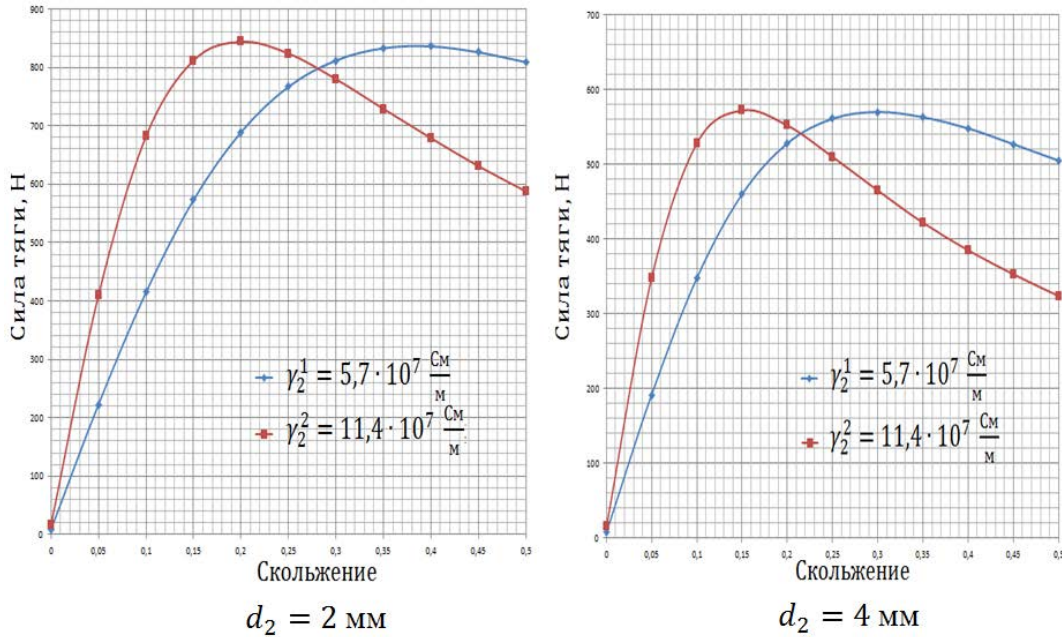


Рис. 5. Графики зависимости силы тяги от скольжения при различных электропроводности и толщины ВЭ

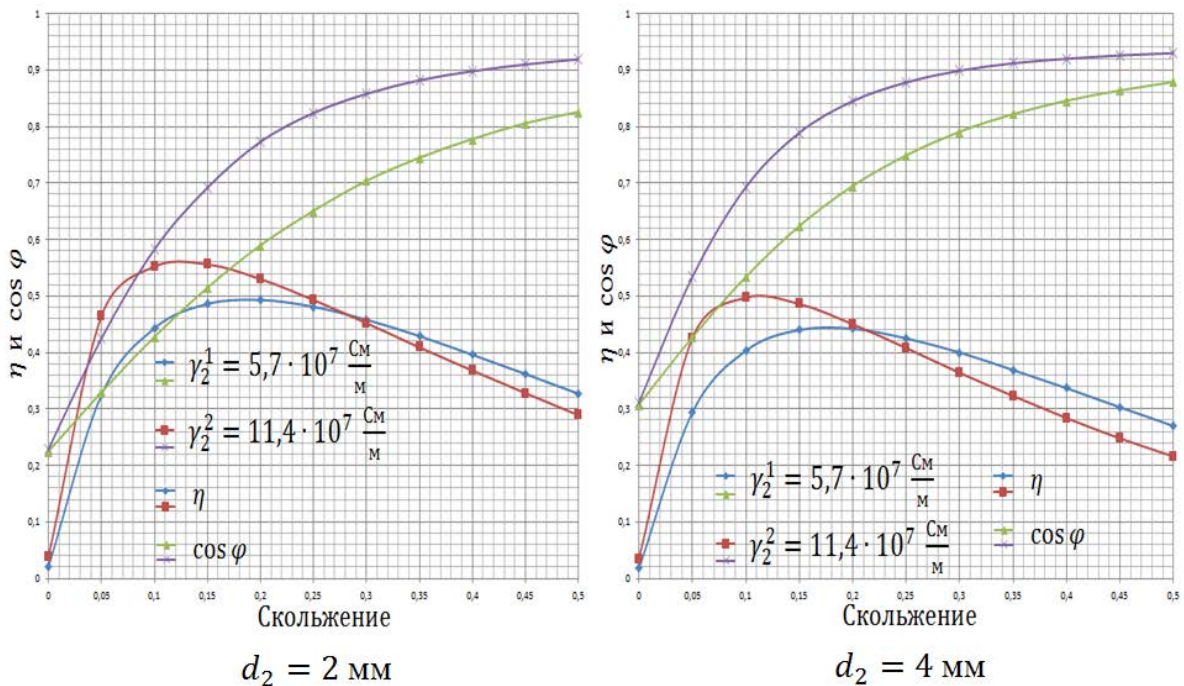


Рис. 6. Графики зависимости КПД и $\cos \varphi$ от скольжения при различных электропроводности и толщины ВЭ

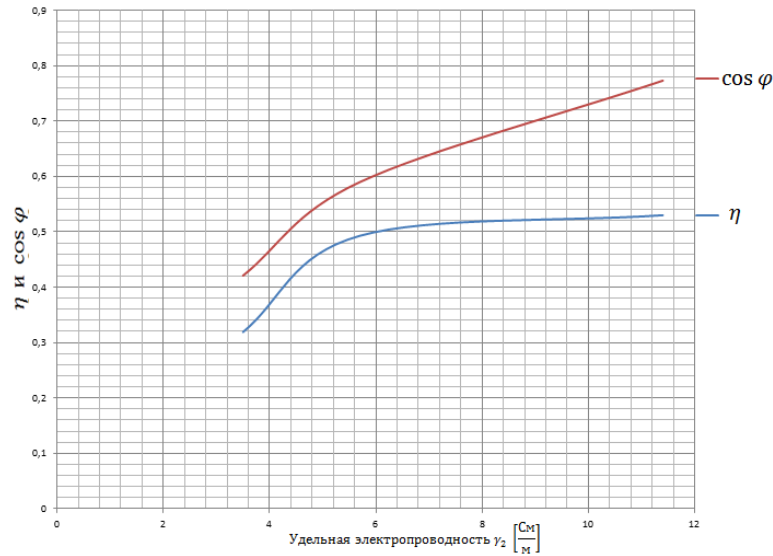


Рис. 7. Графики зависимости КПД и $\cos \varphi$ от удельной электропроводности ВЭ

Видно, что КПД быстро растёт и достигает максимального значения при скольжении $s = 0,2$; при этом $\eta = (0,493 - 0,53)$ и $\cos \varphi = (0,59 - 0,773)$ при $d_2 = 2$ мм и $\eta = (0,442 - 0,45)$ и $\cos \varphi = (0,695 - 0,845)$ при $d_2 = 4$ мм. Следует отметить, что электропривод кормораздатчика с вращающимся АД имеет $\eta = (0,45 - 0,55)$ [3]. При увеличении δ до 2 мм тягово-энергетические характеристики ухудшаются: $\eta = (0,407 - 0,388)$ и $\cos \varphi = (0,55 - 0,814)$. То же самое происходит при увеличении толщины шины $d_2 = (3 - 4)$ мм. Очевидно, что для данной модификации ЛАД значения $\delta = 1$ мм и $d_2 = 2$ мм являются наилучшими.

Также выполнены расчёты для случая с полюсным делением: $\tau = 0,06$ м и $f_1 = 20$ Гц. Однако при прочих равных условиях это привело к ухудшению характеристик: $\eta = (0,373 - 0,298)$ и $\cos \varphi = (0,741 - 0,606)$ при $d_2 = 2$ мм и $\eta = (0,249 - 0,198)$ и $\cos \varphi = (0,704 - 0,696)$ при $d_2 = 4$ мм. Это происходит по причине снижения удельных показателей: возрастание потерь в обмотке индуктора; уменьшение магнитного потока на полюс. Очевидно, что это не способствует достижению поставленной задачи.

Что касается вторичного элемента (ВЭ), то предложено выполнить его в виде короткозамкнутой клетки (КЗК) (рис. 8) со следующими параметрами: $t_2 = 20$ мм; $b_n = 12$ мм; $b_s = 8$ мм; $h_n = 25$ мм; $l_s = 480$ мм; $\gamma_2^1 = 5,7 \cdot 10^7 \frac{\text{См}}{\text{м}}$ (Cu); $\gamma_2^2 = 3,5 \cdot 10^7 \frac{\text{См}}{\text{м}}$ (Al). Отсюда $S_{\text{ст}} = h_n \cdot b_n = 12 \cdot 25 = 300 \text{ мм}^2$. В результате того, что РШ уложена в пазах обратного магнитопровода, в расчётах клетка заменяется сплошной шиной толщиной $d_2' = 1$ мм, но при сохранении интегральной электропроводности и общего немагнитного зазора. Тогда, при заданном условии γ_2 будет определяться следующим выражением [10]:

$$\gamma_2' = \frac{2 \cdot \gamma_2 \cdot S_{\text{ст}}}{d_2' \cdot t_2} \cdot \frac{2 \cdot c}{2 \cdot c \cdot 0,625 \cdot \tau} \quad (4)$$

При этом получается:

$$\gamma_2'(Cu) = \frac{2 \cdot 5,7 \cdot 10^7 \cdot 0,3 \cdot 10^{-2}}{10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{0,12}{0,12 \cdot 0,625 \cdot 0,06} = 130,3 \cdot 10^7 \frac{Cm}{M} \quad (5)$$

$$\gamma_2'(Al) = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 10^7 \cdot 0,3 \cdot 10^{-2}}{10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{0,12}{0,12 \cdot 0,625 \cdot 0,06} = 80 \cdot 10^7 \frac{Cm}{M} \quad (6)$$

При анализе процессов в электрических машинах необходимо учитывать их тепловое состояние; полученные проводимости были приведены к рабочей температуре $t_{раб.мах} = 100^\circ C$. Для меди коэффициент увеличения омического сопротивления на $1^\circ C$ $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ C}$; для алюминия $= 4,2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ C}$. Тогда $\gamma_2'_{Cu} (100^\circ C) = \frac{130,3 \cdot 10^7}{1 + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2} = 91,12 \cdot 10^7 \frac{Cm}{M}$; и $\gamma_2'_{Al} (100^\circ C) = \frac{80 \cdot 10^7}{1 + 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2} = 56,34 \cdot 10^7 \frac{Cm}{M}$.

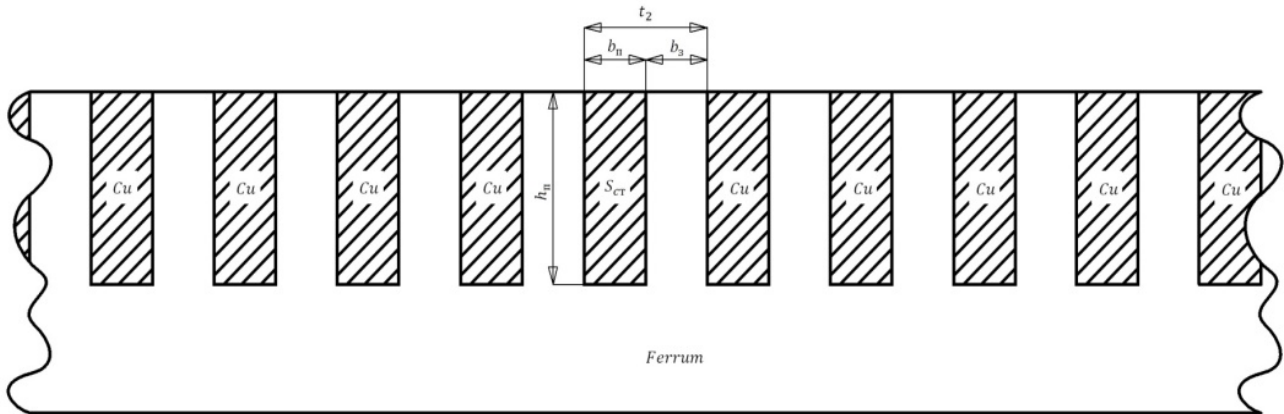


Рис. 8. Вторичный элемент в виде короткозамкнутой клетки

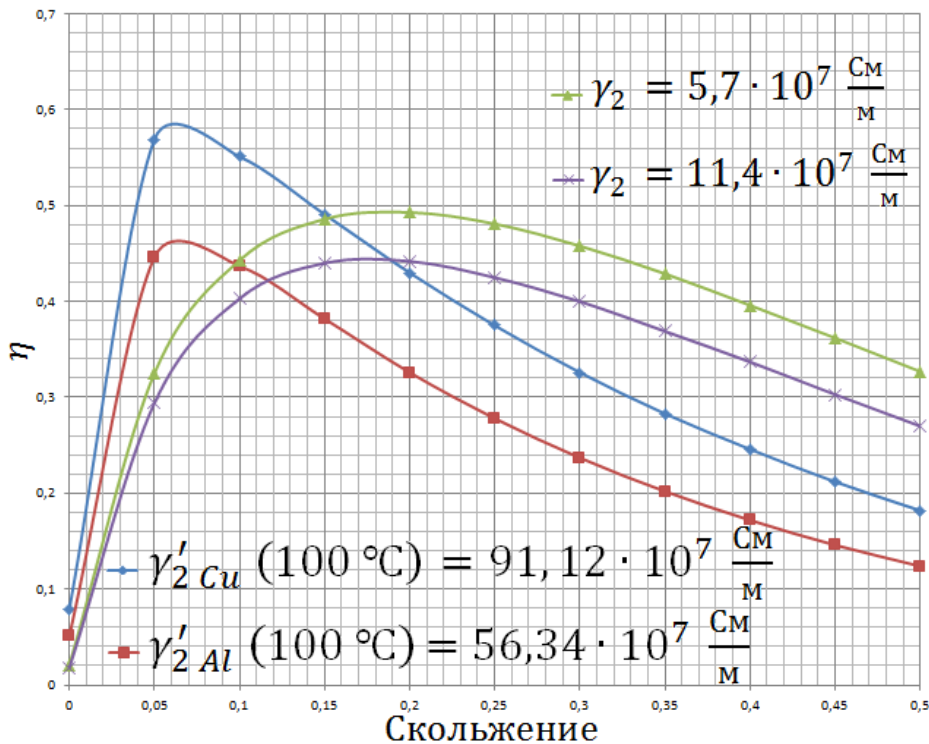


Рис. 9. Графики зависимости КПД ЛАД от скольжения при различных исполнениях ВЭ

Полученные характеристики представлены на рис. 9. Видно, что значения $\eta = \{0,569(Cu) - 0,506(Al)\}$ и $\cos \varphi = \{0,672(Cu) - 0,547(Al)\}$ являются приемлемыми для данной конфигурации конструктивных параметров ($\tau = 0,06$ м; $f_1 = 17$ Гц; $\delta = 1$ мм; $d'_2 = 1$ мм). Наряду с этим был проведён расчёт для $\tau = 0,045$ м; $f_1 = 22$ Гц, однако он показал ухудшение показателей: $\eta = \{0,446(Cu) \div 0,382(Al)\}$.

Выводы:

1. Обычно характеристики ЛАД ухудшаются по причине увеличенного воздушного зазора, который может быть в несколько раз больше, чем у вращающихся асинхронных машин. Он приводит к увеличению намагничивающего тока I_μ , при этом η и $\cos \varphi$ снижаются (η – по причине снижения индукции магнитного поля в зазоре B_δ ; а $\cos \varphi$ – по причине роста индуктивного сопротивления рассеяния $X_{\sigma 1}$). Но, в свою очередь, δ является ограничивающим параметром: $\delta_{min} = (1 - 1,5)$ мм для подобного класса машин.

2. Полученные в результате расчётов зависимости показывают, что исполнение ВЭ в виде короткозамкнутой клетки обеспечивает наилучшие энергетические показатели для данного ЛАД.

3. В таких расчётах необходимо учитывать тепловое состояние машины, соответствующее её режиму работы.

4. Помимо предложенных и рассмотренных выше вариантов нельзя оставлять без внимания и другие способы повышения энергетических показателей. Сюда можно отнести замену одностороннего индуктора на двухсторонний.

Литература

1. Туктаров М.Ф. Электропривод решётного стана зерноочистительной машины на базе плоского линейного асинхронного двигателя: дис... канд. техн. наук/ БГАУ. – Уфа, 2013.
2. Акчурин С.В. Инерционный конвейер влажного сахара со звеном предварительного разгона линейного асинхронного электропривода: дис... канд. техн. наук/ БГАУ. – Уфа, 2013.
3. Самсонов Ю.А. Совершенствование монорельсовых внутренних транспортных систем предприятий агропромышленного комплекса путём применения линейного асинхронного двигателя: дис... канд. техн. наук/ СПбГАУ. – СПб, 2014.
4. Епифанов А.П. Научные основы создания тяговых линейных асинхронных двигателей: дис... доктора техн. наук: 05.09.01/ СПбГТУ. – СПб, 1992.
5. Поляков Б.А. Конденсаторные установки для повышения коэффициента мощности. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 232 с. (с черт.)
6. Вольдек А.И. Электрические машины. – М.: Энергия, 1966. – 782 с.
7. Коняев А.Ю., Сарапулов Ф.Н. Особенности расчёта характеристик линейного асинхронного двигателя с массивным магнитопроводом //Электричество. – 1983.- №8. – С. 65-67.
8. Ямамура С. Теория линейных асинхронных двигателей. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 180 с.
9. Епифанов А.П., Криль Д.Б. Особенности расчёта характеристик и выбора параметров односторонних линейных асинхронных двигателей с массивным обратным магнитопроводом// Электроэнергетика и электрооборудование сельских территорий: состояние, проблемы и пути решения: сб. науч. трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава.- Ч. I. / СПбГАУ. – СПб., 2018.

Literatura

1. **Tuktarov M.F.** Elektroprivod reshyotnogo stana zernoochistitel'noj mashiny na baze ploskogo linejnogo asinhronnogo dvigatelya: dis... kand. tekhn. nauk/ BGAU. – Ufa, 2013.
2. **Akchurin S.V.** Inercionnyj konvejer vlazhnogo sahara so zvenom predvaritel'nogo razgona linejnogo asinhronnogo elektroprivoda: dis... kand. tekhn. nauk/ BGAU. – Ufa, 2013.
3. **Samsonov YU.A.** Sovershenstvovanie monorel'sovyyh vnutrennih transportnyh sistem predpriyatij agropromyshlennogo kompleksa putyom primeneniya linejnogo asinhronnogo dvigatelya: dis... kand. tekhn. nauk/ SPbGAU. – SPb, 2014.
4. **Epifanov A.P.** Nauchnye osnovy sozdaniya tyagovyh linejnyh asinhronnyh dvigatelej: dis... doktora tekhn. nauk: 05.09.01/ SPbGTU. – SPb, 1992.
5. **Polyakov B.A.** Kondensatornye ustanovki dlya povysheniya koefficienta moshchnosti. – M.–L.: Gosenergoizdat, 1962. – 232 s. (s chert.)
6. **Vol'dek A.I.** Elektricheskie mashiny. – M.: Energiya, 1966. – 782 s.
7. **Konyaev A.YU., Sarapulov F.N.** Osobennosti raschyota harakteristik linejnogo asinhronnogo dvigatelya s massivnym magnitoprovodom //Elektrichestvo. – 1983. - №8. – S. 65-67.
8. **Yamamura S.** Teoriya linejnyh asinhronnyh dvigatelej. – L.: Energoatomizdat, 1983. – 180 s.
9. **Epifanov A.P., Kril' D.B.** Osobennosti raschyota harakteristik i vybora parametrov odnostoronnih linejnyh asinhronnyh dvigatelej s massivnym obratnym magnitoprovodom// Elektroenergetika i elektrooborudovanie sel'skih territorij: sostoyanie, problemy i puti resheniya: sb. nauch. trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava.- CH. I. / SPbGAU. – SPb., 2018.

УДК 553.981.2.1

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12150

Канд. техн. наук **Р.Т. ХАКИМОВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ)Чл.- кор. РАН, доктор техн. наук, проф. **О.Н. ДИДМАНИДЗЕ**Канд. техн. наук **Е.П. ПАРЛЮК**
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНОВОГО ЧИСЛА СОСТАВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Природный газ представляет собой многокомпонентный состав из органических составляющих: метан – CH_4 ; этан – C_2H_6 ; пропан – C_3H_8 ; бутан – C_4H_{10} ; и т.д. и неорганических компонентов: – водород (в небольших количествах) – H_2 ; углекислый газ – CO_2 ; азот – N_2 ; сероводород – H_2S и т.д. [2].

Изучение компонентного состава различных топлив, в основном нефтяных, проводились еще в 1962 году в работах И.И. Вибе, где автор рассматривал закономерности характера скорости сгорания в двигателях на основании общих уравнений скорости цепных химических реакций. В 1974 году авторами [1] подробно представлен расчет октановых чисел бензиновых смесей. Анализ проведенной работы показал, что многокомпонентные смеси, состоящие из 4 – 5 и более компонентов, обладают различной детонационной стойкостью.

Цель исследования. В данной работе представим взаимосвязь октанового числа природного газа с процессом тепловыделения в газовом двигателе.

Согласно источнику [3] на практике расчетное октановое число (ОЧ) смесей рассчитывают по правилу аддитивности, т.е. сумма произведений каждого компонента на долю его в смеси. Данное уравнение имеет вид:

$$ОЧ_p = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i, \quad (1)$$

где n – число компонентов в смеси топлива; β_i – доля i -го компонента в смеси топлива; x_i – октановое число i -го компонента топлива.

Такой метод во многих случаях дает неточный результат по отношению октанового числа бензина. Изучая различные отечественные и зарубежные литературные источники, в том числе нормативные стандарты и ГОСТы, было представлено множество различных методов определения ОЧ, как расчетным, так и моторным (экспериментальным) способами.

Согласно межгосударственному стандарту [4] с изменением N1 (с поправкой) расчетное октановое число природного газа составляет 105. По различным источникам октановое число природного газа варьируется от 105 до 119 единиц, что дает преимущественную возможность перед традиционными видами топлив.

Расчетное октановое число (РОЧ), которое представлено в ГОСТ [5], вычисляют по формуле:

$$\text{РОЧ} = \frac{\sum_i^{n_{\Gamma}} \text{ОЧ}_i \cdot C_i}{\sum_i^{n_{\Gamma}} C_i}, \quad (2)$$

где ОЧ_i – октановое число i -го компонента природного сжатого газа;

C_i – объемная доля i -го компонента природного сжатого газа в смеси;

n_{Γ} – количество компонентов природного сжатого газа.

Материалы, методы и объекты исследования. Октановое число топлива влияет на детонационные свойства в процессе сгорания рабочей смеси в газовом двигателе. В процессе изучения данного вопроса достаточно мало встречается работ, которые подробно изучали влияние метанового числа природного газа на процесс сгорания. Анализ результатов исследований работ авторов [6, 7] показал, насколько сильно влияет качество газообразного топлива, в частности, при рассмотрении природного газа с точки зрения выбросов вредных веществ в отработавших газах поршневого двигателя на окружающую среду. С 1960 года фирмой AVL (*Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen List*) проводились исследования по изучению свойств метана с точки зрения смесей газов в составе метана. Согласно им границы качества компримированного природного газа, как газомоторного топлива, определяются теплотворной способностью и нижним порогом значения детонационной стойкости эталонного топлива, выражаемого через метановое число (МЧ), которое равняется 75 по методу AVL. Разрабатывается проектный ГОСТ Р, где предусмотрен расчет метанового числа [5]:

$$\text{МЧ} = 1,445 \cdot (\text{ОЧ}_M) - 103,42, \quad (3)$$

где ОЧ_M – октановое число, полученное моторным методом.

Октановое число вычисляется следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{ОЧ}_M = & (137,78 \cdot x_{\text{CH}_4}) + (29,948 \cdot x_{\text{C}_2\text{H}_6}) + (-18,193 \cdot x_{\text{C}_3\text{H}_8}) + \\ & + (-167,062 \cdot x_{\text{C}_4\text{H}_{10}}) + (181,233 \cdot x_{\text{CO}_2}) + (26,994 \cdot x_{\text{N}_2}), \end{aligned} \quad (4)$$

где x – молярная доля входящих в состав газа компонентов: метана, этана, пропана, бутана, CO_2 и N_2 .

Согласно исследованиям автора [8, 9], МЧ показывает, сколько объемных процентов метана ($\text{МЧ} = 100$) содержится в смеси метана и водорода ($\text{МЧ} = 0$), которая начинает детонировать при той же степени сжатия, что и проверяемый газ. Единой (общепризнанной) методики, регламентирующей условия и режимы определения МЧ, в настоящее время не существует. Поэтому МЧ, установленное по разным расчетным методикам, может отличаться на 5-8 ед. Подробный обзор представлен в работе [12], где рассматриваются зависимости нижней теплотворной способности топлива от детонационной стойкости метана разных месторождений, а также различных смесей газов метанового ряда, полученных органическими и неорганическими способами. В основе исследований было использовано несколько видов газообразных топлив, принятых за эталон, такие как: n -газа с 33,23

(эталонное топливо G23) до 39,55 МДж/м³ (GR), т.е. при увеличении примерно на 16% детонационная стойкость снизится примерно с 100 до 72 МЧ.

Соответственно МЧ также влияет на основные эксплуатационные показатели ДВС, согласно проведенным в этой области исследованиям и полученным экспериментальным результатам по методикам AVL и CARB (методика разработана Калифорнийским комитетом по ограничению загрязнения воздуха «California air resources board»). В связи с этим предлагается методика определения МЧ для различных газов метанового ряда различных месторождений, а также смесей газов в общем составе метана, полученных различными способами (природный метан, биометан и синтетический метан).

Число Воббе метана при стандартных условиях определяется по следующей формуле:

$$Ws(p_{src}, T_{src}) = \frac{\bar{H}_{s,w}(p_{src}, T_{src})}{\sqrt{\rho_w(p_{src}, T_{src})}}, \quad (5)$$

где p_{src} – давление при стандартных условиях $p = 0,1$ МПа;

T_{src} – температура при стандартных условиях $T = 20$ °С;

$\bar{H}_{s,w}$ – высшая теплотворная способность метана при стандартных условиях;

ρ_w – относительная плотность метана.

Метановое число согласно «КТН – Промышленная инженерия и управление» г. Стокгольм [10] определяется:

$$МЧ = 1,624 \cdot MON - 119,1, \quad (6)$$

где MON – октановое число, полученное моторным методом.

Знания о метановом числе важны, в частности, потому, что производители могут оптимизировать двигатели только в том случае, если они знают о свойствах и составе метана, при котором двигатель будет эффективно работать. Высокие показатели метана означают высокую устойчивость к детонациям, что, в свою очередь, означает высокую энергоэффективность и, следовательно, снижение выбросов вредных веществ (ВВ) в отработавших газах (ОГ). Если метановое число слишком низкое, то в двигателе рабочий процесс будет сопровождаться явной детонацией, это в будущем приведет к повреждению двигателя или к потерям его эффективности, работоспособности и худшим показателям экологичности.

Было также разработано несколько методов для классификации газообразных топлив и их чувствительности к детонации, такие как: AVL, MWM, CARB, GRI, Cummins, Waukesha Knock Index, Wartsila и PKI MN. Все существующие методы направлены на изучение влияния метанового числа на рабочий процесс ДВС для более точного регулирования метановоздушной смеси при проектировании двухтопливного или чисто газового двигателя, работающего по циклу Отто.

Компания AVL разработала свой метод определения метанового числа, который учитывает следующие компоненты, входящие в состав природного газа: CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_6 , C_3H_8 , $n-C_4H_{10}$, H_2 , CO_2 , N_2 и H_2S . Все данные метода AVL доступны в виде тематических диаграмм, как показано на рис. 1.

Используя данные номограммы, можно определить метановое число теоретически, к примеру: $95 \% CH_4 + 3 \% C_3H_8 + 2 \% C_4H_{10} \rightarrow МЧ = 72$.

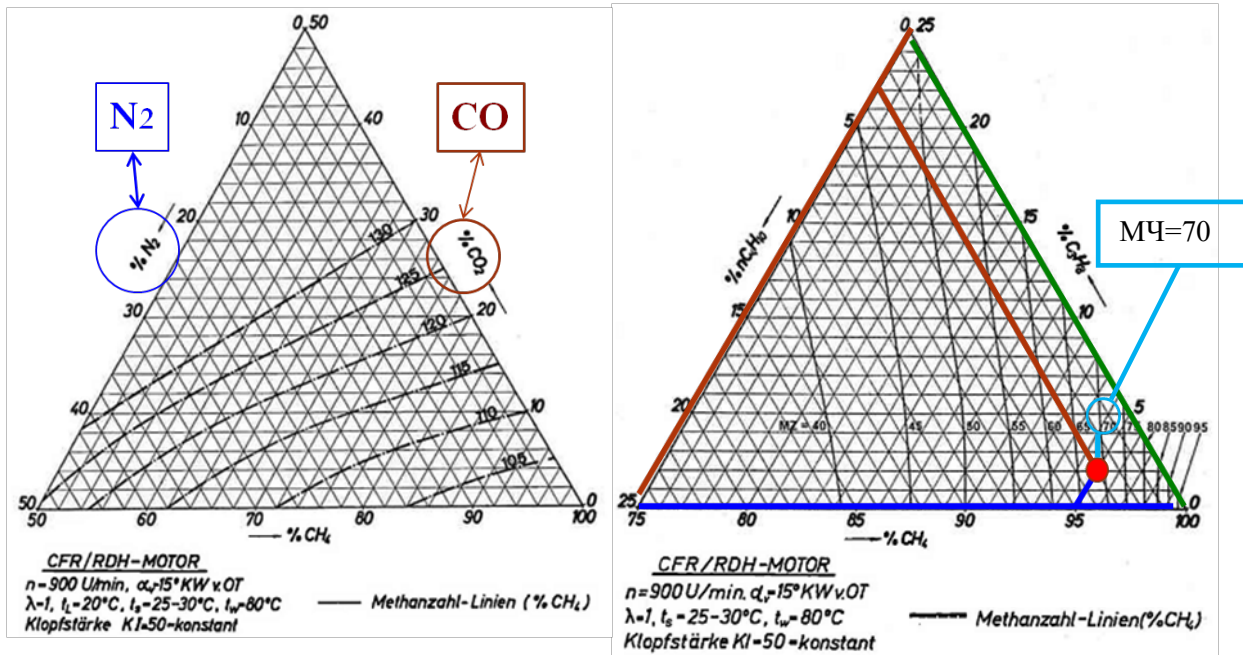


Рис. 1. Диаграмма метанового числа для метана, этана и бутана [11].

Определение метанового числа по методу AVL. На основе экспериментальных результатов была разработана процедура определения прогнозируемого метанового числа природного газа с использованием химического состава.

Метод состоит из следующих этапов:

1. Определение основных компонентов газа. Инертными газами (C₂ и N₂) пренебрегают.
2. Уменьшение газа (кроме инертных газов) доводят до 100% объема.
3. Полученную смесь делят на две фракции.
4. Полученные две фракции снова нормализуют до 100% объема.
5. Метановое число для каждой из двух смесей определяется при помощи диаграммы.
6. Если разница между найденными двумя метановыми числами больше, то вернитесь к шагу 3 и повторите попытку с двумя новыми фракциями. Когда разница меньше 5, то метановое число смеси без учета инертных газов определяется при помощи следующего уравнения.

$$MN' = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \cdot MN_i, \quad (7)$$

где MN' – метановое число для природного газа, свободного от инертных газов;

MN – метановое число i -группы компонентов;

y_i – доля i -группы компонентов в общей смеси в процентах по объему.

7. В итоге, необходимо учитывать влияние инертных газов (MN'). Влияние CO₂ и N₂ найдено с использованием диаграммы, показанной на рис. 1, где общая доля газа, не содержащего инертных газов, рассматривается как метан. В процедуре AVL инертные газы CO₂ и N₂ пренебрегают, если их объемные концентрации не превышают двух и девяти процентов соответственно.

8. Общее метановое число может быть определено добавлением MN' и MN'' .

Методы, наиболее часто используемые для расчета метанового числа, получены на основе методики AVL [11], основанной на экспериментальных работах на специальном двигателе. Европейские производители газовых двигателей разработали собственную методику, основанную на данных работы AVL и некоторых их модификациях, спроектированные полностью в соответствии с методологией AVL.

Определение метанового числа по методу MWM. Опубликованный в стандарте EN 16726, 2015 метод основан на тех же данных, что и метод AVL. В отличие от AVL, метод MWM исключает влияние азота, заявляя, что азот не воздействует на детонационную стойкость двигателя. Кроме того, MWM увеличило количество компонентов, включив в него максимум 3% высших углеводородов (n-пентан, гексан и гептан). Методы MWM и AVL используют сложные соотношения при итерационном нахождении метанового числа для данного состава газа. При этом многие производители считают, что вопрос о пригодности водорода в качестве эталонного газа до сих пор открыт, как и метод учета бутана и высших углеводородов.

Определение метанового числа по методам CARB. Представленные методы основаны на соотношении между реактивным отношением H/C и октановым числом, полученным моторным способом (MON) по аналогии бензиновых топлив [13]. Метод CARB использует две корреляции для расчета метанового числа на основе соотношения между реактивным отношением H/C и моторным октановым числом (MON) [11]:

$$MON = -406.14 + 508.04 \cdot \frac{H}{C} - 173.55 \left(\frac{H}{C}\right)^2 + 20.170 \cdot \left(\frac{H}{C}\right)^3. \quad (8)$$

Метод CARB недействителен для отношений H/C ниже 2,5 или инертных концентраций выше 5%. Этот метод не является достаточно точным для многих газовых композиций.

Определение метанового числа по методу GRI. Данный метод также использует уравнение (9) для вычисления MON и следующее уравнение для расчета количества метана (согласно ISO15403-1; 2006):

$$GRIMN = 1.445 \cdot MON - 103.42 \quad (9)$$

Информация о практических возможностях использования метода GRI отсутствует (например, ограничение отношения H/C).

Индекс Waukesha Knock Index (WKI) [11] также характеризует устойчивость к детонации. Метод расчета количества метана использует либо полиномиальное уравнение, либо метод отношения C/H , аналогичный методу, используемому GRI и CARB. Полиномиальное уравнение используется в следующих случаях, когда многокомпонентный газ будет состоять из следующих объемных соотношений: метан: 60-100 объем в %; этан: 0-20 %; пропан: 0-40%; n-бутан: 0-10%; n-пентан: 0-3%; гексан: 0-2%; азот: 0-15%; двуокись углерода: 0-10%.

Таблица 1. Объемное содержание газов в составе природного газа

| Газ | Моль, % |
|--------------------------------|---------------|
| CH ₄ | 82,6 – 99,7 % |
| C ₂ H ₆ | 0 – 12,1 % |
| C ₃ H ₈ | 0 – 3,6 % |
| C ₄ H ₁₀ | 0 – 1,5 % |
| CO ₂ | 0 – 3% |
| N ₂ | 0 – 0,7 % |

Как видно из табл. 1, состав газовой смеси, созданной на основе КПГ, обычно содержит несколько компонентов с различным диапазоном объема в молях, выраженный в процентах. Для вычисления метанового числа используют данный концентрационный состав при помощи полиномиального уравнения. Для газовых смесей, выходящих за пределы данного мольного диапазона, используется метод отношения C/H , где отношение C/H может быть преобразовано в метановое число с использованием специальной калибровочной кривой, как показано на рис. 1 или в источниках [9]. Метод также включает влияние 58%

изобутана к пропану путем концентрационного соотношения, аналогично 42% изобутана к *n*-бутану. Далее аналогичным образом включают эффективность изопентана к *n*-пентану (68% к *n*-бутану и 30% к *n*-пентану). При всем этом данный метод позволяет рассчитать метановое число смесей газов в объеме природного газа, содержащих *H*, *CO* и *H₂S*.

Определение метанового числа другими методами Европейских организаций. В ноябре 2015 года Cummins Westport запустил свой калькулятор качества топлива [9], в котором вычисляется метановое число и низшая теплотворная способность для конкретного состава природного газа, добытого из разных месторождений. Компанией Cummins было разработано программное обеспечение в виде онлайн-калькулятора, который автоматически определяет метановое число и специальные указания для ряда двигателей производимой компанией. Программа включает в себя использование эффективных показателей физико-химических свойств изобутана – ((*CH₃*)₃*CH*) и изопентана – ((*CH₃*)₂-*CH-CH₂-CH₃*), высших углеводородов, включая *n*-гексана – (*C₆H₁₄*), *n*-гептана – (*C₇H₁₆*), *n*-октана – (*C₈H₁₈*), *n*-нонана – (*C₉H₂₀*) и *n*-декана – (*C₁₀H₂₂*), водорода – (*H₂*) до 0,03% выраженная в молях, кислород – (*O₂*), азот – (*N₂*), монооксид углерода – (*CO*), диоксид углерода – (*CO₂*) и газообразное бинарное соединение серы и водорода – (*H₂S*).

Компания Wartsila так же как Cummins Westport использует программу расчета метанового числа, которым можно воспользоваться на официальном веб-сайте. Данная программа рассчитывает количество *CH₄* вплоть до *C₈H₁₈*; включая (*CH₃*)₃*CH* и (*CH₃*)₂-*CH-CH₂-CH₃*; *CO*; *CO₂*; *H₂*; *N₂* и *H₂S*.

DNV GL разработал метод «PKI MN» по определению метанового числа. В отличие от описанных выше способов, в которых используется метан-водородная шкала, метод PKI MN основан на метанопропановой шкале (PKI – «Propane Knock Index» в переводе как – пропановый детонационный индекс).

Если AVL и MWM методы используют сложные отношения для итерационного вычисления метанового числа, то в методике PKI MN используется полиномиальное уравнение:

$$PKI = \sum \alpha_{i,n} x_i^n + \sum \beta_{i,n} x_i^n x_j^m, \quad (10)$$

где *i* = *CH₄*, *C₂H₆*, *C₃H₈*, *i-C₄H₁₀*, *n-C₄H₁₀*, *n-C₅H₁₂*, *i-C₅H₁₂*, *neo-C₅H₁₂*, *CO*, *CO₂*, *H₂* и *N₂*; *n* = 1 – 4; *m* = 1,2.

Перед элементом стоит индекс, означающий *i* – изо (элемент).

Коэффициенты α и β зависят от изученных параметров газового или битопливного двигателя [12, 13].

Чтобы преобразовать (PKI) метод в масштаб, аналогичный методу для определения числа метана, шкала пропана была преобразована в шкалу 0-100, так называемый метод MN PKI.

В 2016 году DNV GL запустил собственный онлайн-калькулятор определения метанового числа для КПП и СПГ, а в 2017 году онлайн-калькулятор для газопроводов [13].

Результаты показывают, что ранжирование устойчивости к детонациям газовых смесей отличается своими показателями при использовании их как газомоторное топливо в различных поршневых двигателях [12]. Результаты тестовых испытаний методом MN PKI на различных двигателях показали хорошие и более точные результаты эффективности работы ДВС в сравнении с методами AVL и MWM [13].

Для двух случаев, рассмотренных ниже, мы предполагаем, что производитель двигателей грузовых автомобилей экспериментально определил, что максимальный процент пропана в метане, который максимизирует производительность без детонации, составляет 5%. Основываясь на методе PKI MN, производитель двигателя грузовика рассчитал, что 5% пропана в метане соответствует метановому числу 74,5.

Это означает, что все газообразные топлива, имеющие PKI MN ниже 74,5, будут вызывать детонацию, если регулировочные и геометрические показатели двигателя для грузовых автомобилей не будут занижены, в особенности это касается степени сжатия.

Степень сжатия в газовом двигателе играет решающую роль, так термодинамические показатели процесса сгорания будут ухудшаться при высоких числах, близких к $\varepsilon = 11-14$.

Таблица 2. Рассчитанные метановые числа для композиций КПП на 2017 г. с использованием различных методологий

| Страны поставщики СПГ | МЧ >74.5 | МЧ >74.5 | МЧ >75.6 | МЧ >80 | МЧ >86 | МЧ >79.1 | МЧ >75 | МЧ >79.2 | МЧ >86.7 |
|-------------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| | PKI МЧ | | | | | | | | |
| | для ДВС грузового ТС | DNV GL | AVL | MWM | CARB | GERG | WMN | CMN | WKI |
| Австралия | 70.7 | 68.6 | 69.1 | 68 | 74.5 | 68.8 | 69 | 70.1 | 75.2 |
| Алжир | 77.5 | 75.5 | 76.2 | 75 | 83 | 76.4 | 77 | 76.6 | 82.1 |
| Египет | 90.9 | 90.8 | 90 | 90 | 100.3 | 91.8 | 91 | 88.8 | 94.9 |
| Гвинея | 85.7 | 84.2 | 83.8 | 85 | 92.3 | 84.7 | 86 | 83.5 | 88.6 |
| Индонезия | 75.8 | 74.5 | 75.6 | 75 | 83.9 | 77.2 | 74 | 76.8 | 83.3 |
| Ливия | 69.6 | 67.3 | 67 | 65 | 70.1 | 64.9 | 68 | 67.5 | 70.7 |
| Малайзия | 73.5 | 72.2 | 73.5 | 73 | 81.6 | 75.2 | 72 | 74.9 | 82.1 |
| Норвегия | 78,5 | 77 | 77,3 | 77 | 86.4 | 79.4 | 77 | 78.8 | 85.2 |
| Перу | 80.8 | 78,4 | 78,5 | 76 | 85 | 78.2 | 81 | 78.4 | 83 |
| Катар | 75.5 | 74 | 75 | 74 | 82.6 | 76.1 | 74 | 76 | 82.3 |
| Россия | 74.8 | 73.6 | 75.1 | 75 | 83.8 | 77.1 | 73 | 76.5 | 83.7 |
| Тринидад | 89.5 | 89.2 | 88.8 | 88 | 98.8 | 90.5 | 90 | 87.9 | 93.9 |
| США | 99.3 | 99.2 | 99.2 | 99 | 107.9 | 98.6 | 99 | 94 | 100.1 |
| Йемен | 82.4 | 81 | 81.6 | 80 | 90 | 82.6 | 82 | 81.8 | 87.3 |
| Число рекомендуемых КПП | 12 | 11 | 11 | 6 | 7 | 7 | 9 | 6 | 6 |

Примечание к табл. 2: серые блоки обозначают газы, которые исключены, в то время как белые блоки обозначают газы, которые разрешены (использовались методы AVL и MWM), [11].

Согласно результатам технического отчета [11] «Природный газ - расчет метанового числа», данный показатель влияет на энергоэффективность двигателя. Метановое число показывает, какими свойствами обладает топливо при его сгорании. При этом известно, что для оптимизации эффективных показателей двигателя необходимо учитывать такие показатели, как теплотворная способность топлива, давление впрыска газа в камеру сгорания, степень сжатия и т.д.

Связь соотношения Н/С имеет ключевое значение для определения числа. Согласно [13] расчет метанового числа ведется с учетом октанового числа:

$$MON = -406.14 + 508.04R - 173.55R^2 + 20.17R^3, \quad (11)$$

где R – отношение атомов водорода к атомам углерода

Корреляция между MON и MN:

$$MN = 1.445 MON - 103.42, \quad (12)$$

$$MON = 0.679 MN + 72.3, \quad (13)$$

Если известна мольная доля топлива в природном газе, можно рассчитать МЧ. Поскольку для MON есть два уравнения, можно вычислить два МЧ газа. Если разница между двумя результатами МЧ составляет более 6 ед., то результат определения МЧ ошибочный и дает большую погрешность в точности.

Для повышения метанового числа природного газа, если показатели метанового числа низкие, необходимо добавить в состав метана смесь различных газов, а также отдельных элементов (N или CO_2).

Анализ работы [11] по определению метанового числа смеси газов также подтвердил, что наиболее подходящей методикой к свойствам газа является метод, разработанный компанией AVL, а также Caterpillar. Алгоритм расчета МЧ является коммерческим и информация закрытая, автор работы [9] использовал открытую и доступную методику CARB, где представил совмещенное уравнение методик CARB и КТН. Уравнение выглядит следующим образом:

$$MЧ = 1,624 \left\{ -406,14 + 508,04 \left(\frac{H}{C} \right) - 173,55 \left(\frac{H}{C} \right)^2 + 20,17 \left(\frac{H}{C} \right)^3 \right\} - 119,1, \quad (14)$$

где H/C – отношение количества атомов водорода к количеству атомов углерода в углеводородных компонентах топлива.

В качестве примера были рассмотрены свойства шахтного газа и представлены результаты расчета метанового числа по методу CARB и КТН, где указывается расхождение показателей МЧ на 7-9 ед. Если рассматривать состав шахтного газа, то по методу AVL МЧ = 100 ед. в то время как по методу CARB = 108 ед., все это говорит о неточности в методиках и расхождениях в полученных результатах о представлениях метанового числа.

Также в работе, согласно исследованиям [10], получена зависимость методом наименьших квадратов, которая выглядит следующим образом:

$$MЧ_{AVL} = 59,4 - 0,39MЧ_{CARB} + 0,0071MЧ_{CARB}^2. \quad (15)$$

Данная зависимость при расчете дает небольшую погрешность, примерно 2...3 ед., при этом отмечается, что если метановое число шахтного газа по методике CARB $MЧ_{CARB} = 95$ ед., то по методике AVL $MЧ_{AVL} = 86$ ед. Таким образом, фактическое МЧ рассматриваемого газа по результатам расчета оказалось ниже указанного (допустимого), что является причиной возникающей детонации двигателя при работах на повышенных нагрузках.

Результаты исследования. Проведенные экспериментальные исследования трех компаний, каждая из которых использовала свою методику определения МЧ, показали практически одинаковые результаты с небольшим расхождением от более десяти источников поставщиков природного газа, как сжатого, так и сжиженного метана. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 2, где показана зависимость метанового числа от различных видов природного газа.

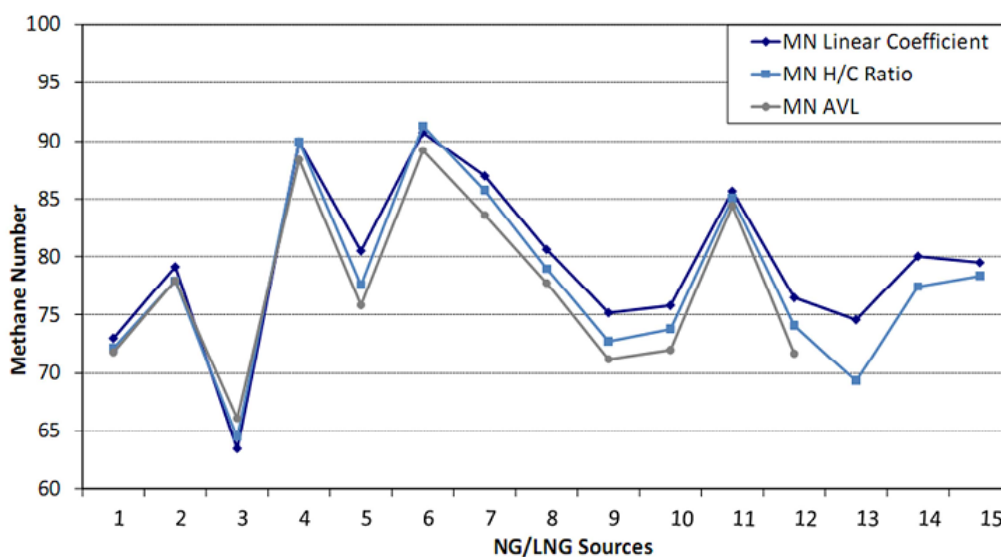


Рис. 2. Вариации МЧ в зависимости от метода расчета [11].

Выводы.

1. Подбор оптимального состава смеси газов на основе природного газа является перспективным направлением, так как двигатели, используемые на автомобилях, имеют разные характеристики, что и является одной из причин подбора газообразного топлива на основе природного газа с повышенным метановым числом. Большинство двигателей имеют разные степени сжатия, удельный расход топлива, угол опережения зажигания (впрыска), способ подачи топлива (распределительный или непосредственный) и т.д. Все перечисленные показатели так или иначе влияют на энергетические свойства двигателя, которые имеют важное практическое значение, как для производителей, так и для потребителей двигателей.

2. Оптимальным вариантом в данном случае является классификация природного газа по метановому числу, в основе которого будет лежать физико-химический состав и теплотворная способность газообразного топлива.

Литература

1. **Вибе И.И.** Новое о рабочем цикле двигателя (скорость сгорания и рабочий цикл двигателя). – М.: Машгиз, 1962. – 271 с.
2. **ГОСТ 27577-2000.** Газ природный топливный сжатый для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 7 с.
3. **ISO 11541:1997** Natural gas – Determination of water content at high pressure
4. **ISO 12213-1:1997** Natural gas – Calculation of compression factor – Part 1: Introduction and guidelines
5. **Генкин К.И.** Экономия топлива за счет применения бедных смесей и оптимального регулирования // Автомобиль. – 1951. – № 8. – С. 29 – 32.
6. **Гнедова Л.А.** Газомоторные топлива на основе метана. Анализ требований к качеству и исходному сырью // Вести газовой науки: научно-технический сборник. – 2015. – № 1. (21). – С. 86-97
7. **Kagan L., Valiev D., Liberman M., Gamezo V., Oran E., Sivashinsky G.** Effects of hydraulic resistance and heat losses on deflagration-to-detonation transition // In Deflagrative and detonative combustion (eds G.D. Roy & S.M. Frolov). – 2010. – pp. 157 – 168.
8. **Engine Indication.** User Handbook [Текст]. – AVL. – 2002 – P. 151.
9. **Дидманидзе О.Н., Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т.** Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55.
10. **Хакимов Р.Т.** Улучшение экологических параметров газового двигателя с наддувом путем использования электромагнитных дозаторов газа // Инновационные технологии в сервисе: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции / Под ред. А. Е. Карлика. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2015. – С. 224-225.
11. **Патент RU № 2288471.** Способ определения по меньшей мере одной энергетической характеристики газотопливной смеси посредством измерения физических характеристик газовой смеси. / Р. Камаль, Т. Моханд, Л. Оливье, Д. Франс; Опубл. 27.11.2006; Бюл. № 19. 3 с.
12. **Patent SU № 20170370831A1.** Methane number calculation method and methane number measurement device. / К. Kojima, Т. Ishiguro ; Опубл. 28.12.2017. 8 с.
13. **Дидманидзе О.Н., Хакимов Р.Т., Большаков Н.А.** Пути совершенствования охлаждающих систем при использовании метана в газомоторных двигателях // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте ПТТ'2018: материалы I международной научно-практической конференции / В 2-х томах. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. С. 45-52.

Literatura

1. **Vibe I.I.** Novoe o rabochem cikle dvigatelya (skorost' sgoraniya i rabochij cikel dvigatelya). – М.: Mashgiz, 1962. – 271 s.
2. **GOST 27577-2000.** Gaz prirodnyj toplivnyj komprimirovannyj dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya. Tekhnicheskie usloviya. Vved. 01.01.2002. – М.: Izd-vo standartov, 2004. – 7 s.
3. **ISO 11541:1997** Natural gas – Determination of water content at high pressure
4. **ISO 12213-1:1997** Natural gas – Calculation of compression factor – Part 1: Introduction and guidelines
5. **Genkin K.I.** Ekonomiya topliva za schet primeneniya bednyh smesej i optimal'nogo regulirovaniya // Avtomobil'. – 1951. – № 8. – S. 29 – 32.
6. **Gnedova L.A.** Gazomotornye topliva na osnove metana. Analiz trebovanij k kachestvu i iskhodnomu syr'yu // Vesti gazovoj nauki: nauchno-tehnicheskij sbornik. – 2015. – № 1. (21). – S. 86-97
7. **Kagan L., Valiev D., Liberman M., Gamezo V., Oran E., Sivashinsky G.** Effects of hydraulic resistance and heat losses on deflagration-to-detonation transition // In Deflagrative and detonative combustion (eds G.D. Roy & S.M. Frolov). – 2010. – pp. 157 – 168.
8. **Engine Indication.** User Handbook [Tekst]. – AVL. – 2002 – R. 151.
9. **Didmanidze O.N., Afanas'ev A.S., Hakimov R.T.** Issledovaniya pokazatelej teplovydeleniya gazovyh dvigatelej // Zapiski Gornogo instituta. – 2018. – T. 229. – S. 50-55.
10. **Hakimov R.T.** Uluchshenie ekologicheskikh parametrov gazovogo dvigatelya s nadduvom putem ispol'zovaniya elektromagnitnyh dozatorov gaza // Innovacionnye tekhnologii v servise: sbornik materialov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Pod red. A. E. Karlika. – SPb.: Izd-vo SPbGEU, 2015. – S. 224-225.
11. **Patent RU № 2288471.** Sposob opredeleniya po men'shej mere odnoj energeticheskoy karakteristiki gazotoplivnoj smesi posredstvom izmereniya fizicheskikh karakteristik gazovoj smesi. / R. Kamal', T. Mohand, L. Oliv'e, D. Frans; Opubl. 27.11.2006; Byul. № 19. 3 s.
12. **Patent SU № 20170370831A1.** Methane number calculation method and methane number measurement device. / K. Kojima, T. Ishiguro ; Opubl. 28.12.2017. 8 s.
13. **Didmanidze O.N., Hakimov R.T., Bol'shakov N.A.** Puti sovershenstvovaniya ohlazhdayushchih sistem pri ispol'zovanii metana v gazomotornyh dvigatelyah // Infokommunikacionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte ИТТ'2018: materialy I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / V 2-h tomah. – М.: Izd-vo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2018. S. 45-52.

УДК 629.073

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12159

Доктор техн. наук, проф. **Е.И. КУБЕЕВ**
(ФГБОУ ВО ЯГТУ, kubeevei@ystu.ru)
Доктор техн. наук, проф. **Б.С. АНТРОПОВ**
Канд. техн. наук **Р.А. ЗЕЙНЕТДИНОВ**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, zra61@mail.ru)

РАСХОД МАСЛА – ОСНОВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Расход масла двигателем внутреннего сгорания является основным эксплуатационным показателем, характеризующим его качественное состояние и определяющим остаточный ресурс.

Таким образом, по удельному расходу масла возможно оценить готовность автомобильной техники к эксплуатации в условиях выполнения специальных задач [1].

В настоящее время ряд зарубежных фирм (производители автотранспортных средств) для своей продукции вводят систему периодического ТО, приуроченную к замене

картерного масла в двигателях. Данный вид ТО имеет нумерацию: $ТО_1, ТО_2, ТО_3, \dots, ТО_n$, где n – номер ТО перед списанием или отправкой автомобиля в капитальный ремонт. Соответственно, чтобы перейти на данную систему, нужно понимать степень влияния моторного масла на работоспособность двигателя и сопутствующих систем [2].

Необходимо учитывать, что в процессе работы двигателя неизбежны изменения физико-химических показателей, при которых одновременно будет изменяться состояние двигателя. Исследование взаимосвязи состояния масла и состояния двигателя составит проблему выявления оптимальных показателей качества масла и циклов работы двигателя. Если для улучшения эффективности работы следует обратить внимание на процессы, происходящие внутри двигателя, то для повышения надежности и ресурса необходимо вести работы над повышением химических свойств масла.

Цель исследования – изучение расхода масла и его влияния на эксплуатационные показатели автомобильной техники. Производителями автомобильного транспорта в руководствах по эксплуатации обычно заявлены следующие сроки замены масла: через каждые 25-60 тыс. км. Периодичность зависит как от рекомендаций по конкретным моделям автомобилей, так и от качества применяемых масел и топлива.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве примера следует привести рекомендации немецкой фирмы MAN по периодичности замены масла на двигателях седельных тягачей серии TGL-D0836, поставляемых в Российскую Федерацию. Грузоподъемность указанных автомобилей составляет 20 т. Данные модели оснащаются двигателями серии D0836 (стандарт «Евро-5»), полезная мощность (мощность нетто) которых составляет 250 кВт (340 л. с.). Рекомендуемое масло для двигателей – M3477. Периодичность замены масла на двигателях определяется в зависимости от «тяжести» условия эксплуатации автомобилей, которые оцениваются значениями среднего эксплуатационного расхода топлива (табл. 1).

Таблица 1. Зависимость периодичности замены масла на двигателях от эксплуатационных условий

| Показатель | Условия эксплуатации | | |
|-----------------------------|----------------------|---------|----------|
| | щадящие | средние | тяжелые |
| Расход топлива (л/100 км) | менее 23 | 23 – 33 | более 33 |
| Пробег до замены масла (км) | 60000 | 42000 | 24000 |

Кроме того, приводятся поправочные коэффициенты на указанную периодичность, учитывающие качество применяемого дизельного топлива (содержание серы в нём) и климатические условия, в которых эксплуатируются автомобили (табл. 2).

Поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия, рекомендуется вводить следующим образом (применительно к нашей стране): если температура атмосферного воздуха ниже -20°C более 3 месяцев в году, то величины пробега до замены масла, указанные в табл. 2, следует умножить на коэффициент 0,7.

Таблица 2. Поправочные коэффициенты на пробег автомобиля до замены масла с учетом качества топлива

| Содержание серы (S) в дизельном топливе (мг/кг) | Поправочный коэффициент на пробег автомобиля до замены масла |
|---|--|
| Менее 50 | 1,0 |
| $50 < S < 1000$ | 0,5 |
| Более 1000 | 0,3 |

Таким образом, если при эксплуатации автомобилей MAN в благоприятных условиях эксплуатации периодичность замены масла равна 60 000 км, то для самых неблагоприятных условий и низком качестве топлива она будет составлять $24\ 000\ \text{км} \times 0,7 \times 0,3 = 5040\ \text{км}$, т.е. уменьшается примерно в 12 раз, в то время как для двигателей отечественного производства, работающих в составе автомобилей в самых неблагоприятных условиях эксплуатации, пробег до замены масла (заводской норматив) может быть уменьшен всего в 2 раза.

Существенное увеличение периодичности замены масла имеет место на серийных двигателях семейства ЯМЗ-530 (4- и 6-цилиндровые с рабочим объемом 4,34 и 6,65 л ЯМЗ-534 и ЯМЗ-536), производство которых освоено в Ярославском ПАО «Автодизель». Двигатели имеют размерность: диаметр цилиндра $D=105\ \text{мм}$ и ход поршня $S=128\ \text{мм}$. Мощность (брутто) двигателей ЯМЗ-534 и ЯМЗ-536, а также их модификаций – от 110 кВт (150 л.с.) до 243 кВт (330 л.с.). Указанные двигатели являются рядными. Двигатели серии ЯМЗ-534 – четырёхцилиндровые и ЯМЗ-536 – шестицилиндровые.

Так, в руководстве по эксплуатации двигателей ЯМЗ-536 записано, что замену масла необходимо проводить через каждые 30 000 км пробега для автосамосвалов и автобусов, работающих на городских маршрутах, и через 50 000 км – для автомобилей и автобусов, работающих на междугородних перевозках соответственно грузов и пассажиров [3].

В процессе эксплуатации автомобилей, бесспорно, необходимо выдерживать нормы по периодичности замены масла в двигателях, рекомендованные заводами-изготовителями автотранспортных средств.

Прежде чем говорить о расходе масла автомобильными двигателями, нужно определить и устранить все его наружные течи. Для этого двигатели подвергаются мойке и осмотру мест течи. На двигателях ЯМЗ и КамАЗ, работающих в условиях повышенной запыленности воздуха (в составе автосамосвалов, сельскохозяйственных и специальных машин), течи масла отмечаются через уплотнения переднего и заднего концов коленчатого вала. Установлено, что это связано с образованием на шейках вала кольцевой выработки глубиной до 0,2 мм. В процессе эксплуатации под кромку манжеты уплотнения попадают частицы пыли. Они внедряются в кромку манжеты и нарезают канавку. При глубине канавки, равной 0,2 мм и более, замена манжеты на новую дефект не устраняет. Ярославский моторный завод в этом случае рекомендует устанавливать ремонтную втулку (рис. 1).

Объектом исследования является диагностика состояния деталей ЦПГ по расходу масла. Шейка коленчатого вала обрабатывается до выведения канавки. Втулка изготавливается из стали 50Г, толщина которой должна быть не менее 2 мм. Втулка напрессовывается на обработанную шейку вала и полируется ее поверхность «а» до размеров, указанных в ремонтной документации ЯМЗ.

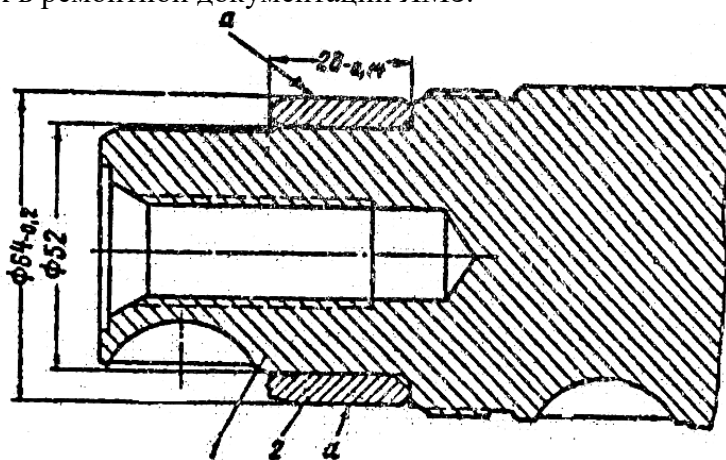


Рис 1. Установка ремонтной втулки под переднюю манжету коленчатого вала:
1 – коленчатый вал; 2 – ремонтная втулка; «а» – поверхность для полирования.

После устранения течи можно по расходу масла диагностировать состояние деталей цилиндра-поршневой группы (ЦПГ), включающей в себя поршни, поршневые кольца и гильзы цилиндров. Но прежде нужно рассмотреть, что понимают под расходом масла двигателя в эксплуатации.

Результаты исследования. Общий расход масла (л/ч) от замены до замены автомобильным двигателем определяется уравнением следующего вида:

$$G_{M\Sigma} = \frac{V_{c/c} + G_{mg}}{T}, \quad (1)$$

где $V_{c/c}$ – объем системы смазки двигателя (л);

G_{mg} – расход масла на долив (на угар) за наработку двигателя T ;

T – наработка двигателя в период от замены до замены масла (ч).

Однако лучше перейти к расходу масла на 100 км (л/100км), исходя из того, что за наработку T автомобиль пройдет путь:

$$S = V_{\text{э}} * T, \quad (2)$$

где $V_{\text{э}}$ – эксплуатационная скорость автомобиля (с учетом работы двигателя на холостом ходу при стоянке автомобиля перед светофорами, при заторах на дорогах и т.п.) (ч).

Подставляя значение S в уравнение (1) и умножая его на 10^2 , получим уравнение расхода масла на 100 км:

$$G_{M\Sigma} = \frac{V_{c/c} + G_{mg}}{S} * 10^2, \quad (3)$$

где S – пробег двигателя от замены до замены масла (км).

Уравнение (3) можно представить как

$$G_{M\Sigma} = \frac{V_{c/c}}{S} * 10^2 + \frac{G_{mg}}{S} * 10^2. \quad (4)$$

Первая часть уравнения (4) представляет собой расход масла на замену, вторая часть – расход масла на долив. Первая часть остается величиной постоянной для автомобилей одной и той же модели (двигателя).

Вторая часть уравнения (4) является величиной переменной, возрастающей по мере увеличения пробега двигателя вследствие износа его деталей ЦПГ.

Общий расход масла $G_{M\Sigma}$ используется в автохозяйствах для определения потребностей в масле для отдельных моделей автомобилей для всего парка на месяц, квартал или год. Годовая потребность автохозяйства в моторном масле определяется уравнением следующего вида:

$$G_{M\Sigma} = 10^2 \sum (G_{M\Sigma 1} * S_1 + G_{M\Sigma 2} * S_2 + \dots + G_{M\Sigma n} * S_n), \quad (5)$$

где $G_{M\Sigma n}$ – общий расход масла для двигателей автомобилей n -ой модели (л/100 км);

S_n – суммарный годовой пробег автомобилей n -ой модели (км);

n – количество моделей автомобилей в автохозяйстве.

Вторая часть уравнения (4) представляет собой расход масла на долив (на угар). Он используется в автохозяйствах как показатель для оценки экономичности автомобиля наравне с расходом топлива и для диагностирования деталей ЦПГ. Когда в эксплуатации идет речь о расходе масла, то имеется в виду только расход масла на долив.

На автомобилях с бензиновыми двигателями расход масла измеряется в литрах на 100 км. Новые технически исправные автомобили с бензиновыми двигателями отечественного производства имеют расход масла на долив 0,01-0,02 л/100 км [4].

На автомобилях с дизельными двигателями расход масла на долив принято определять в процентах от расхода топлива как

$$G_{Mg} = \frac{\Delta G_m}{\Delta G_T}, \quad (6)$$

где ΔG_m и ΔG_T – абсолютные расходы масла и топлива соответственно за конкретный пробег автомобиля. S (км)/пробег должен быть не менее 100 км.

Расход масла двигателями новых технически исправных автомобилей (перед запуском их в эксплуатацию) приводится заводами-изготовителями в руководствах по эксплуатации. Так, для бензиновых двигателей отечественного производства он составляет $G_{M_0} = 0,01 - 0,02$ л/100 км, а для дизельных двигателей ЯМЗ $G_{M_0} = 0,1 - 0,3\%$. Значение 0,2% относится к двигателям ЯМЗ-236, 238, 240 и их модификациям, серийно выпускаемым на Ярославском моторном заводе. Размерность этих двигателей: диаметр поршня $D = 130$ мм и ход поршня $S = 140$ мм. Значение $G_{M_0} = 0,1\%$ имеют двигатели ЯМЗ-534 и 536, производство которых освоено в 2016 году. Размерность этих двигателей – $S/D = 128$ мм/105 мм, двигатели имеют рядное расположение цилиндров [5].

Новые технически исправные автомобили с дизельными двигателями отечественного производства имеют расход масла на долив в пределах 0,1–0,5% от расхода топлива.

Наименьшее значение расхода масла относится к автомобилям с новыми двигателями серии ЯМЗ-530 (диаметр поршня – 105 мм и ход поршня – 128 мм), производство которых основано в Ярославском ПАО «Автодизель» в 2016 г.

Зависимость расхода масла G_{Mg} для двигателей ЯМЗ – 236, 238 и их модификации (диаметр поршня – 130 мм и ход поршня – 140 мм) от пробега S показанна на рис. 2. Указанная зависимость получена в результате длительных испытаний двигателей на автомобилях МАЗ, в условиях ЗАО «Межавтотранс», осуществляющего междугородние перевозки грузов.

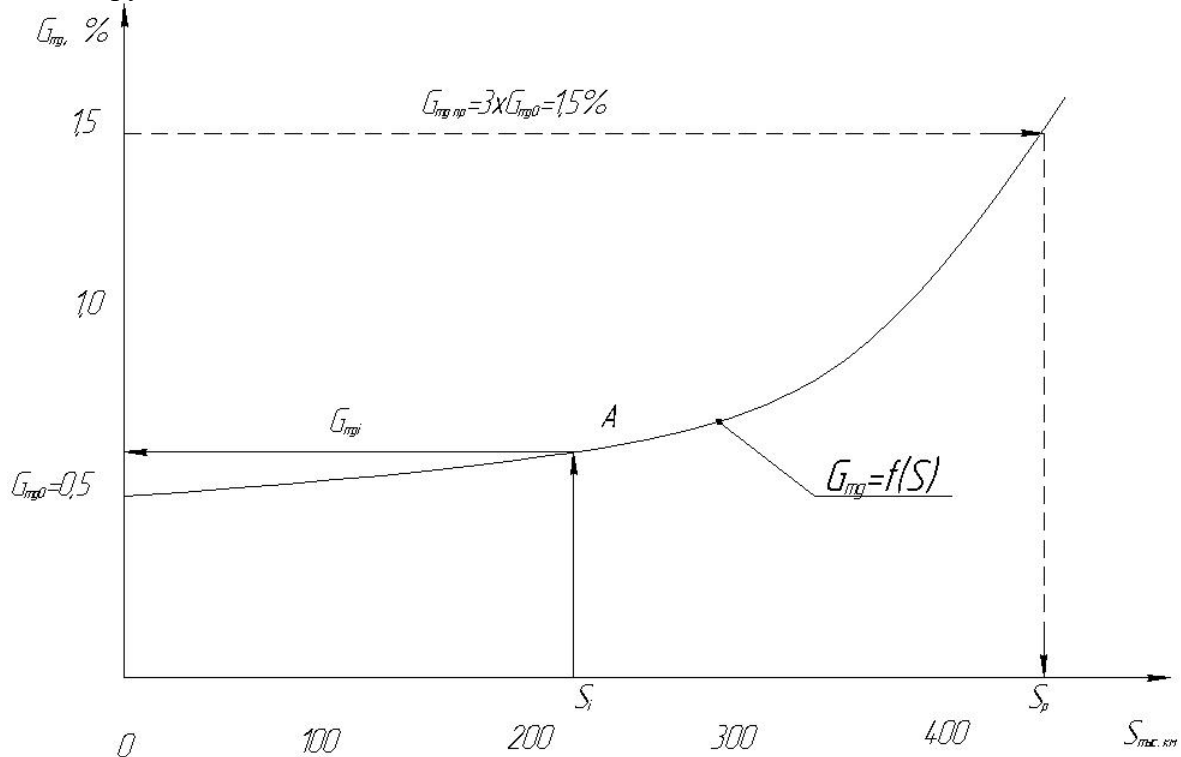


Рис. 2. Зависимость $G_{Mg} = f(s)$: $G_{Mg0} = 0,5\%$ - расход масла перед запуском автомобиля в эксплуатацию

G_{Mgpr} – предельное значение расхода масла, при достижении которого дальнейшая эксплуатация двигателя экономически не целесообразна;

S_p – ресурс деталей ЦПГ.

При достижении значения G_{Mgpr} , равной трехкратному G_{Mg0} , как правило, в эксплуатации на двигателях заменяются детали ЦПГ, так как дальнейшая эксплуатация считается затратной по расходу масла.

Если при замере расхода масла при пробеге S_i оказалось, что значение G_{Mgi} больше нормы, т.е. не соответствует значению в точке А (рис. 2), то необходимо провести углубленное диагностирование деталей ЦПГ, начиная с замера компрессии – P_c в цилиндрах двигателя.

Так, на двигателях ЯМЗ-236, 238 цилиндр считается работоспособным, если $P_c \geq 2,5$ МПа (25 кг/см^2). При снижении этого значения P_c могут иметь место поломки колец и задиры деталей ЦПГ. Следующим этапом проверки цилиндров с низким значением P_c является проверка с помощью видеоскопа (осмотр состояния гильз и поршней через отверстия под форсунку).

Возможные причины повышенного расхода масла подробно рассмотрены в работе [6].

Длительная эксплуатация с поломанными кольцами приводит к эрозионному разрушению перемычек поршня, как это показано на рис.3 [7]. Природа разрушения следующая: в местах поломки колец начинают прорываться горячие газы с высокой температурой; истечение их в картер двигателя происходит с высокими скоростями, что приводит к «вымыванию» – «эрозии» металла поршня, изготовленного из алюминиевого сплава АЛ-30.

На таких двигателях резко снижается мощность, увеличиваются расходы масла, топлива и выброс большого количества картерных газов из сапуна. Двигатель в таком состоянии должен быть остановлен во избежание его выхода из строя.



Рис. 3. Эрозионные разрушения перемычек поршня.

Выводы:

1. После установления факта неисправности двигателя при пробеге S'_i необходимо определить состояние цилиндров двигателя. Это достигается путём определения давления в конце такта сжатия при работе прогретого двигателя (температура охлаждающей жидкости должна быть не менее 75°C) при минимальных оборотах холостого хода (для двигателей ЯМЗ – $n_{\text{хх}} = 550-650 \text{ мин}^{-1}$). В эксплуатации этот параметр называется компрессией. Если компрессия в цилиндрах двигателя менее 25 кг/см², то в них необходимо заменить детали ЦПГ. При компрессии 20-21 кг/см² в цилиндрах обнаруживают поломку компрессионных колец (как правило первого) и натир и задиры рабочих поверхностей гильз. Указанный дефект сопровождается стуком при работе двигателя при оборотах холостого хода 1200-1300 мин⁻¹, хорошо прослушиваемом без применения каких-либо приборов.

2. Изложенные в статье методы оценки состояния деталей ЦПГ, по мнению авторов, могут быть использованы в учебном процессе, а также инженерно-техническими работниками, занятыми в сфере эксплуатации автомобильного транспорта.

Литература

1. **Силовые агрегаты ЯМЗ-236Н и их модификации.** Руководство по эксплуатации 236Р-3902150РЭ. – Ярославль: ОАО «Автодизель». – 388 с.
2. **MAN Workshop Infosystem (MAN WIS).** Руководство по техническому обслуживанию и эксплуатационным материалам. – 2015.
3. **Двигатели ЯМЗ-5340 и их модификации.** Руководство по эксплуатации 5340.3902150РЭ. – Ярославль: ОАО «Автодизель», 2011 – 158 с.
4. **Двигатели ЯМЗ-536 и их модификации.** Руководство по эксплуатации 536.3902150РЭ. – Ярославль: ОАО «Автодизель» (ЯМЗ), 2013. – 240 с.
5. **Антропов Б.С., Басалов И.С.** Диагностирование автотранспортных средств: монография. – Ярославль: Издательский дом ЯГТУ, 2016. – 144 с.
6. **Антропов Б.С.** Поиск неисправностей двигателей КамАЗ: учеб. пособие. – Ярославль: ЯПИ, 1994. – 150 с.
7. **Чернышев Г.Д., Слабов Е.П., Антропов Б.С.** Фильтрация воздуха – важнейший из путей повышения ресурса ДВС // Автомобильная промышленность. – 2000. – № 6. – С. 20-22.

Literatura

1. **Silovye agregaty YAMZ-236N i ih modifikacii.** Rukovodstvo po ekspluatatsii 236R-3902150RE. – YAroslavl': OAO «Avtodizel'». – 388 s.
2. **MAN Workshop Infosystem (MAN WIS).** Rukovodstvo po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i ekspluatatsionnym materialam. – 2015.
3. **Dvigateli YAMZ-5340 i ih modifikacii.** Rukovodstvo po ekspluatatsii 5340.3902150RE. – YAroslavl': OAO «Avtodizel'», 2011. – 158 s.
4. **Dvigateli YAMZ-536 i ih modifikacii.** Rukovodstvo po ekspluatatsii 536.3902150RE. – YAroslavl': OAO «Avtodizel'» (YAMZ), 2013. – 240 s.
5. **Antropov B.S., Basalov I.S.** Diagnostirovanie avtotransportnyh sredstv: monografiya. – YAroslavl': Izdatel'skij dom YAGTU, 2016. – 144 s.
6. **Antropov B.S.** Poisk neispravnostej dvigatelej KamAZ: ucheb. posobie. – YAroslavl': YAPI, 1994. – 150 s.
7. **CHernyshev G.D., Slabov E.P., Antropov B.S.** Fil'traciya vozduha – vazhnejshij iz putej povysheniya resursa DVS // Avtomobil'naya promyshlennost'. – 2000. – № 6. – S. 20-22.

Доктор техн. наук, проф. **Н.В. АЛДОШИН**
(ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева», naldoshin@yandex.ru)
Канд. с.-х. наук **М.А. МЕХЕДОВ**
(ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева»)
Аспирант **МАЛЛА БАХАА**
(ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева»)

УБОРКА СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ АКСИАЛЬНО-РОТОРНЫМИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫМИ КОМБАЙНАМИ

Повышение производства сельскохозяйственной продукции в настоящее время происходит не столько за счет увеличения площадей, занятых возделываемыми культурами, сколько за счет использования современных сортов сельскохозяйственных культур, передовых технологий их возделывания, а также снижения потерь сельскохозяйственной продукции на всех этапах производства [1; 2].

Одним из путей интенсификации производства зерновой продукции, является использование смешанных посевов. Например, возделывание люпиново-злаковых смешанных посевов позволяет получать 3,5 – 5,5 т/га зерна, сбалансированного по белку, без применения минеральных удобрений, гербицидов и средств защиты растений. Такой эффект достигается за счет естественной борьбы с сорняками, так как их место занимает злаковая зерновая культура, стимулируемая к развитию зернобобовыми растениями люпина [3; 4].

Смешанные посевы зерновых колосовых и зернобобовых культур возможны в следующих комбинациях: ячмень – узколистный люпин, овес – узколистный люпин, пшеница – узколистный люпин, пшеница – белый люпин, овес – горох, овес – вика, тритикале – белый люпин и др. [5; 6].

При возделывании смешанных посевов наиболее сложной технологической операцией является уборка, так как приходится одновременно обрабатывать две культуры с совершенно разными технологическими свойствами. Зерно белого люпина вымолачивается легко и требует мягких режимов работы молотилки, потому что сила связи зерен с растениями не высокая. При этом, будучи крупным, зерно склонно как к макро- (дробление, обрушивание), так и микро- (образование трещин, вмятин) повреждениям, что приводит к снижению качества получаемой зерновой продукции. Иначе обстоит дело с зерновой колосовой культурой, требующей более интенсивного режима обмолота. При этом зерно мелкое и меньше подвержено травмированию. В связи с этим возникает необходимость выбора подходов к проведению уборочных работ и обоснованию технологических регулировок зерноуборочных комбайнов [7, 8].

Цель исследований – разработать рекомендации по механизации уборки люпиново-злаковых смешанных посевов аксиально-роторными зерноуборочными комбайнами РСМ-181 «TORUM».

Материалы, методы и объекты исследования. Возможным решением проблемы уборки смешанных посевов может служить применение комбайнов с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами (МСУ). Процессы, происходящие в аксиально-роторном МСУ, отличаются от процессов, барабанных бильных (классических) МСУ. Молотильно-сепарирующее устройство и соломосепаратор (сепаратор грубого вороха) в таких машинах объединены в одном агрегате. Режимы работы более щадящие, но время воздействия на обмолачиваемую массу и площадь сепарации зерна значительно увеличены. Молотилки аксиально-роторного типа меньше дробят и теряют зерно, чем классические барабанные бильные молотилки с клавишным соломотрясом. Они более универсальны: при небольшом переоборудовании могут убирать различные культуры, в них меньше подвижных рабочих органов, создающих вибрационные нагрузки на остов комбайна. За счет высокой интенсивности процесса сепарации в роторных МСУ обеспечиваются минимальные потери

зерна даже при высокой урожайности культур и в неблагоприятных условиях (при повышенной влажности и высокой засоренности посевов) [9; 10; 11].

Комбайны с МСУ аксиально-роторного типа отличаются более мягкими (щадящими) режимами обмолота: зазоры между ротором и декой значительно больше, чем у классических МСУ, между бичами барабана и планками подбарабана (деки). Эффективность работы роторных МСУ объясняется многократным воздействием на массу при обмолоте и большой площадью сепарации зерна [12; 13].

Зерноуборочные комбайны с МСУ такого типа производятся в нашей стране на заводе Ростсельмаш. Это комбайн РСМ-181 «TORUM» техническая характеристика которого представлена в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика зерноуборочного комбайна РСМ-181 «TORUM»

| Характеристики молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) | |
|--|--|
| Тип МСУ | Продольно расположенный ротор |
| Диаметр ротора | 762 мм |
| Привод ротора | Гидромеханический |
| Частота вращения ротора МСУ | От 250 до 1000 мин ⁻¹ |
| Дека МСУ | Вращающаяся |
| Угол охвата ротора декой | 360° |
| Частота вращения деки | Не более 8 мин ⁻¹ |
| Регулировка молотильных зазоров | Изменением положения молотильных секций деки |
| Величина молотильного зазора | От 10 до 50 мм |
| Характеристики очистки | |
| Тип очистки | Ветрорешетчатая двухкаскадная |
| Тип решет очистки | Жалюзийные с поворотными гребенками |
| Тип вентилятора очистки | Центробежный |
| Частота вращения ротора вентилятора очистки | От 250 до 1000 мин ⁻¹ |
| Тип стрясной доски | Корытообразный с гребенчатыми делителями |

Технологический процесс комбайна протекает следующим образом. Хлебная масса подается по наклонной камере в заходную (нижнюю) часть кожуха, выполненную в форме усеченного конуса. К большому основанию этого конуса присоединяется наклонная камера, а меньшее сопрягается с цилиндрической поверхностью молотильно-сепарирующей части кожуха. По поверхности заходной части масса перемещается под действием лопастей ротора и воздушного потока, равномерно распределяясь в кольцевом пространстве между ротором и декой. Также выпускаются комбайны с винтовой заходной частью ротора.

Процессы обмолота и выделения зерна из грубого вороха в аксиально-роторном МСУ производятся за счет импульсных воздействий элементов ротора на хлебную массу, причем скорость движения вороха на его пути к выходу, в связи с уменьшением количества хлебной массы. Поток вороха в рабочем пространстве МСУ аксиально-роторного типа движется с углом наклона к образующей цилиндрической кожуха, который задается углом установки направляющих решетчатой части кожуха и рабочих элементов ротора (бичей, планок сепаратора). Угол между направлением движения массы в рабочем пространстве МСУ и образующей кожуха постоянно увеличивается, достигая 90° на выходе из устройства. За время нахождения в рабочем пространстве МСУ хлебная масса совершает около 5 витков и проходит путь примерно 14 м (в барабанном бильном МСУ этот путь составляет всего лишь 0,8 – 1,2 м) [14; 15].

Были проведены экспериментальные исследования процесса уборки смешанных посевов белого люпина и тритикале аксиально-роторными зерноуборочными комбайнами с целью получения рекомендаций по их настройкам.

Согласно заводским рекомендациям для уборки легко обмолачиваемых крупносеменных и, в частности, зернобобовых культур на комбайне необходимо демонтировать деку домолачивающего устройства (рис. 1). Отверстия, оставшиеся на крышке домолачивающего устройства 2 после демонтажа деки 1, закрывают болтами 3 и плоскими шайбами 4, пружинными шайбами 5 и гайками 6. Рабочая поверхность деки при этом становится гладкой, что уменьшает повреждения зерен, попадающих в домолачивающее устройство.

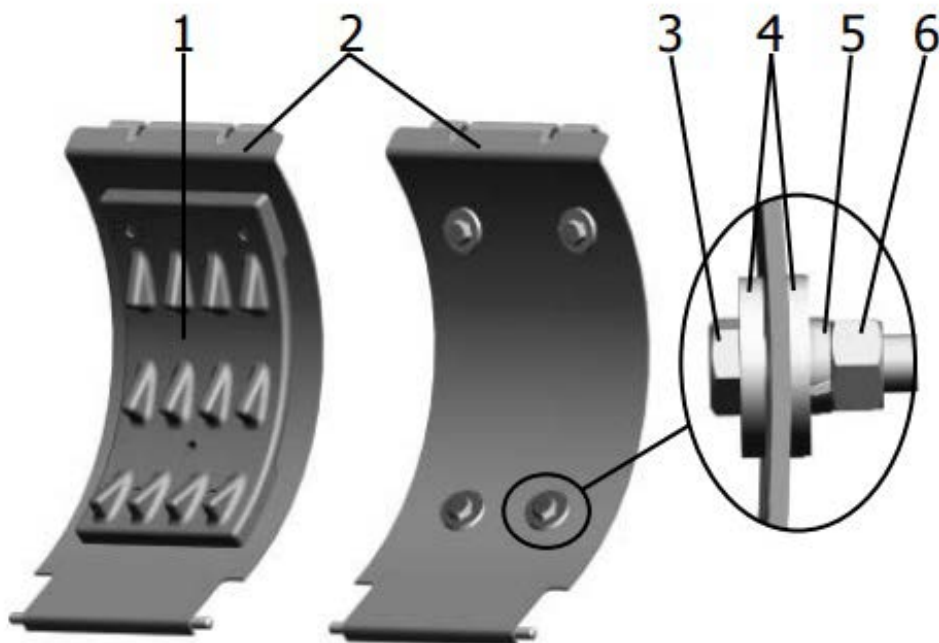


Рис. 1. Домолачивающее устройство: 1 – дека; 2 – крышка; 3 – болт; 4 – шайба; 5 – пружинная шайба; 6 – гайка

Цель серии опытов – оценить влияние технологических параметров роторного молотильно-сепарирующего устройства на уровень микро- и макроповреждений. Убираемые люпиново-злаковые смешанные посевы: белый люпина сорта Дега и яровое тритикале. Влажность зерна 12,7%. Рельеф поля ровный, без уклона. Плешин в результате протравы, затаптывания, вымочки, уничтожения урожая вредителями, а также мест с застоем воды и т.п. не наблюдалось. Площадь делянок составляла 90–100 м² (ширина делянки соответствует ширине захвата жатки 9 м, длина делянки 10–11 м). Перед заездом на делянку комбайн работал вхолостую 1–3 мин. для удаления остатков растительной массы в жатке и молотилке. Перед каждым проходом комбайна устанавливались определенные параметры молотильно-сепарирующего устройства. В первой серии опытов изменялись обороты ротора с 350 мин⁻¹ до 750 мин⁻¹ с шагом в 100 мин⁻¹ при зазорах между ротором и декой 30, 35 и 40 мм с трехкратной повторностью. Во второй серии опытов изменялся зазор с 20 мм до 50 мм с шагом в 10 мм при оборотах ротора 350, 450 и 550 мин⁻¹, также с трехкратной повторностью. После каждого прохода комбайна из бункера бралась навеска зерна. В каждой навеске определялся уровень макро- и микроповреждений зерна.

Результаты исследования. По итогам обработки результатов экспериментов были получены следующие зависимости (рис. 2 – 7).

Из графиков (рис. 2 – 4) видно, что с увеличением частоты вращения ротора более 450 мин⁻¹. при разных зазорах между ротором и декой происходит резкое увеличение

повреждений зерна. При низкой частоте вращения ротора (350 мин^{-1} .) наблюдается недомолот тритикале. В связи с этим понижение частоты вращения ротора менее 400 мин^{-1} не целесообразно.

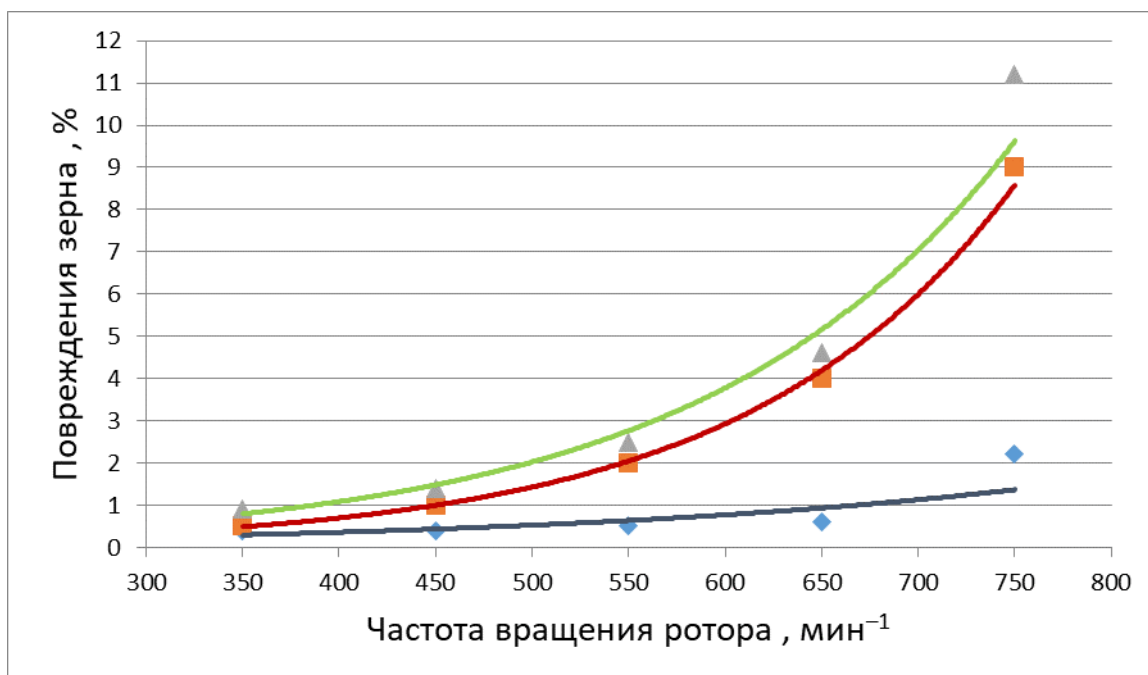


Рис.2. Зависимость повреждений зерна от частоты вращения ротора при зазоре между ротором и декой 30 мм: \blacktriangle – общее повреждение; \blacklozenge – макроповреждения; \blacksquare – микроповреждения

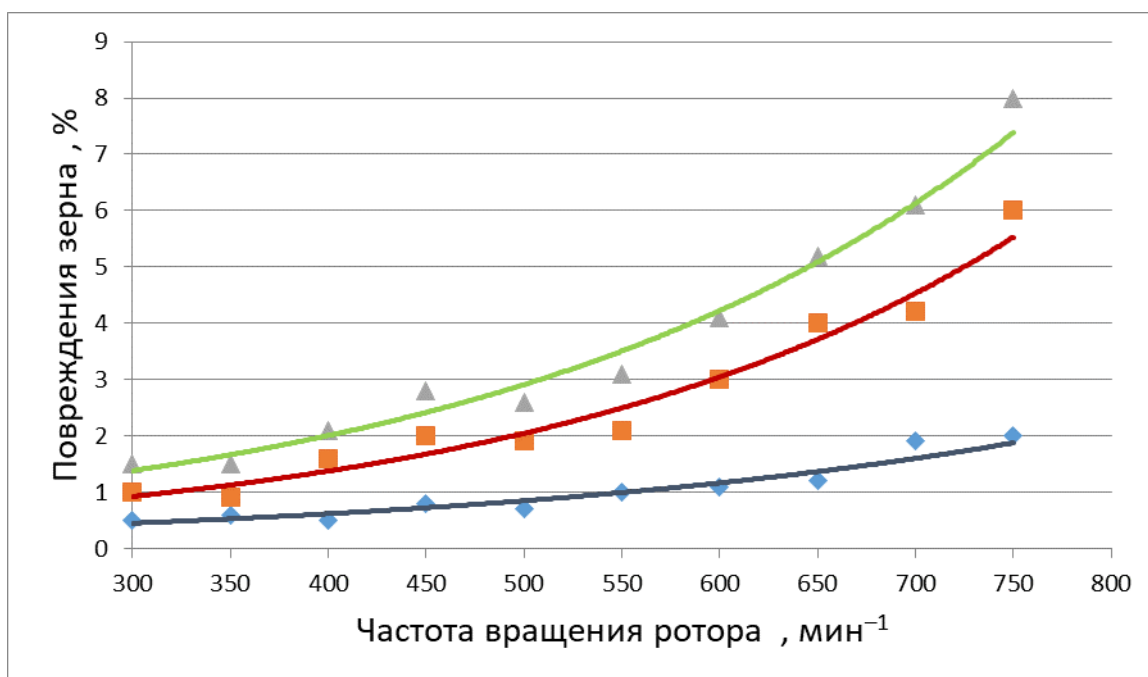


Рис. 3. Зависимость повреждений зерна от частоты вращения ротора при зазоре между ротором и декой 35 мм: \blacktriangle – общее повреждение; \blacklozenge – макроповреждения; \blacksquare – микроповреждения

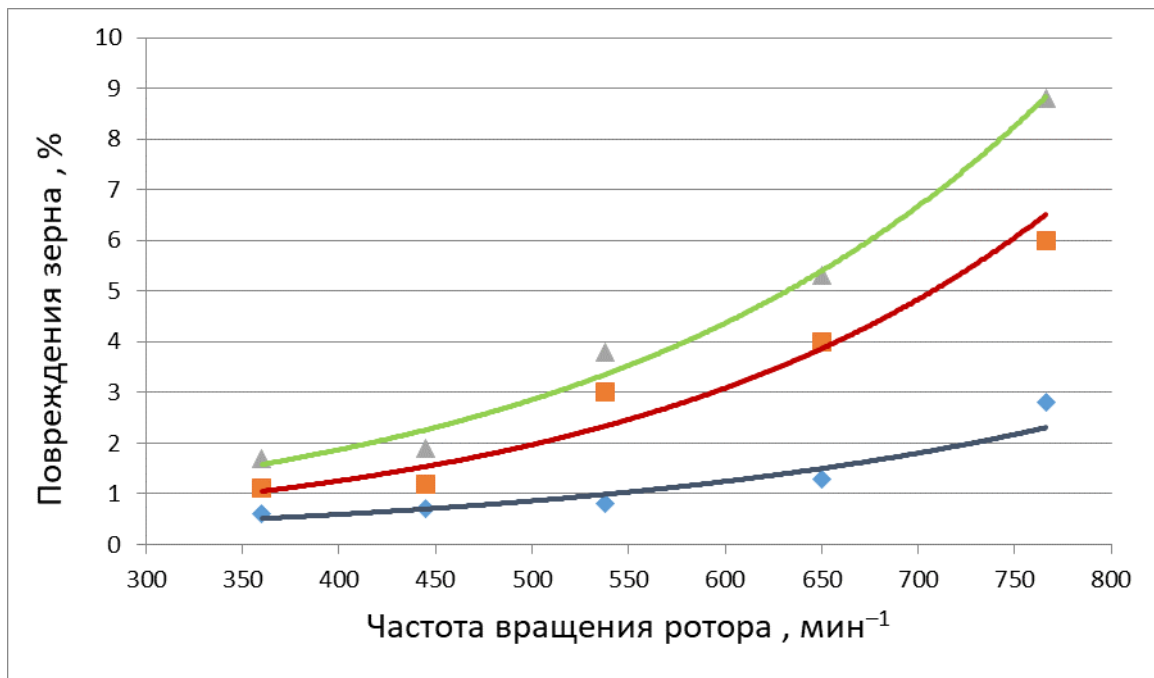


Рис. 4. Зависимость повреждений зерна от частоты вращения ротора при зазоре между ротором и декой 40 мм: \blacktriangle – общее повреждение; \blacklozenge – макроповреждения; \blacksquare – микроповреждения зерна

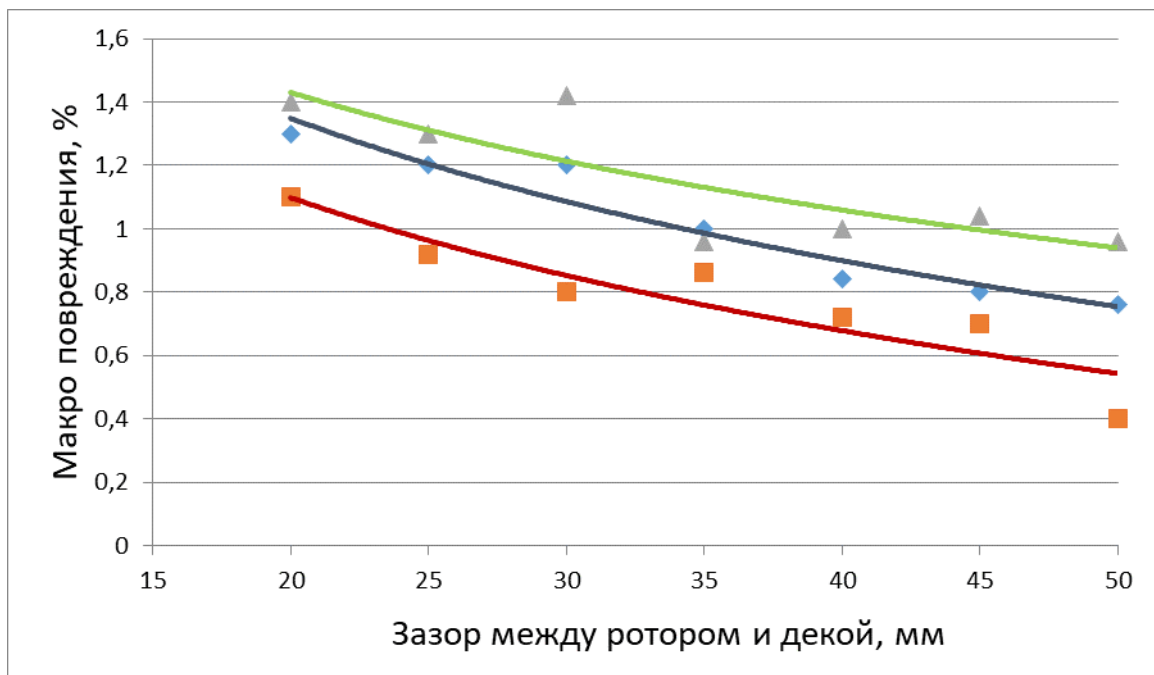


Рис. 5. Зависимость макроповреждений зерна от зазора между ротором и декой: \blacklozenge – частота вращения ротора 350 мин⁻¹; \blacksquare – частота вращения ротора 450 мин⁻¹; \blacktriangle – частота вращения ротора 550 мин⁻¹.

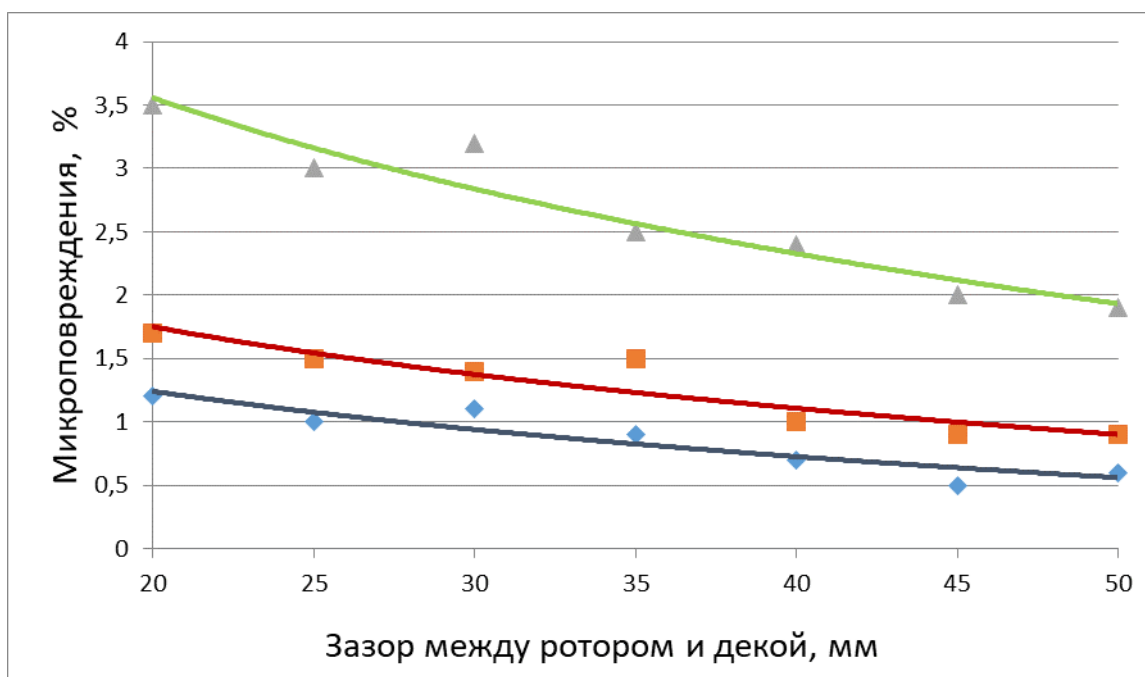


Рис. 6. Зависимость микроповреждений зерна от молотильного зазора: \blacklozenge – частота вращения ротора, 350 мин⁻¹; \blacksquare – частота вращения ротора 450 мин⁻¹; \blacktriangle – частота вращения ротора 550 мин⁻¹.

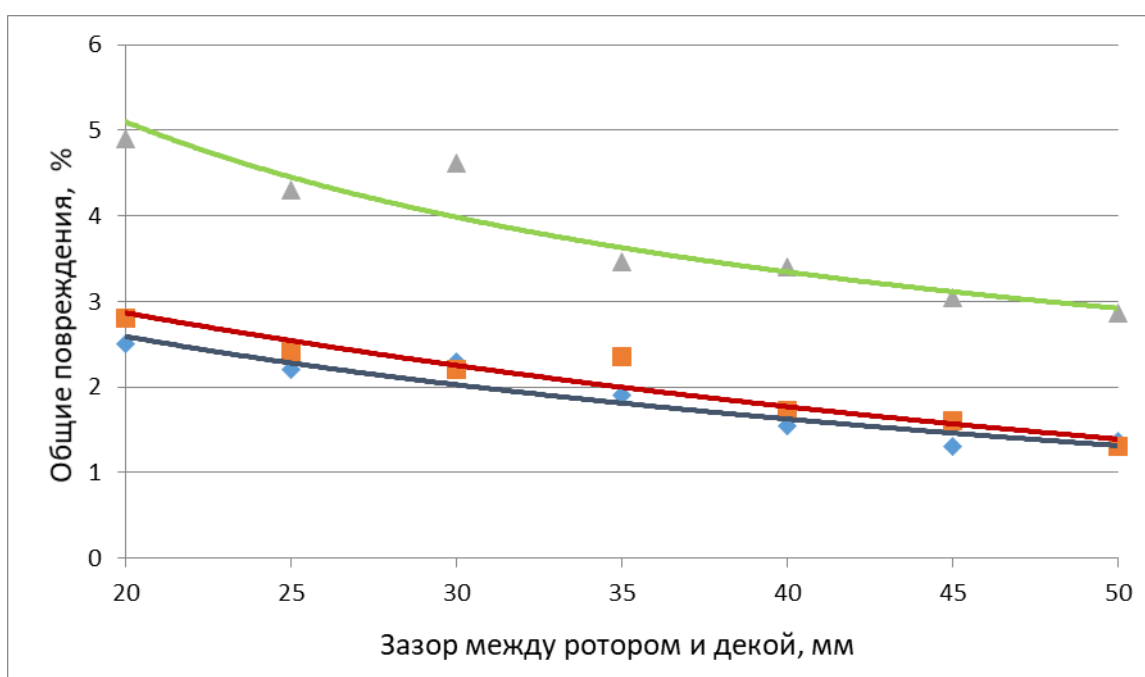


Рис. 7. Зависимость повреждения зерна от зазора между ротором и декой: \blacklozenge – частота вращения ротора 350 мин⁻¹; \blacksquare – частота вращения ротора 450 мин⁻¹; \blacktriangle – частота вращения ротора 550 мин⁻¹.

Из графиков (рис. 5, 6 и 7) следует, что с увеличением зазора между ротором и декой повреждения зерна уменьшаются при всех рассматриваемых частотах вращения ротора. Необходимо отметить, что при больших зазорах между ротором и декой (40 – 50 мм) наблюдается недомолот тритикале.

Выводы. При проведении уборки смешанных посевов, состоящих из зерновых колосовых и зернобобовых культур, целесообразно использовать зерноуборочные комбайны с МСУ аксиально-роторного типа. При этом частота вращения ротора должна находиться в диапазоне 400 – 450 мин⁻¹, а зазор между ротором и декой должен составлять 30 – 35 мм.

Литература

1. **Aldoshin N.** Harvesting lupines albus axial rotary combine harvesters / Didmanidze Otari, Nikolay Aldoshin // *Research in Agricultural Engineering*. – 2018. – Vol. 64, (4) – P.209–214.
2. **Жалнин Э.В.** Какой комбайн выбрать? // *Сельский механизатор*. – 2015. – №4. – С. 4-6.
3. **Aldoshin N., Lylin N.A.** Improving the Design of the Grain Combine Harvester Cleaner // *Russian Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 44, № 1. – p. 108-111.
4. **Бердышев В.Е., Ломакин С.Г., Солдатенков В.В.** Движение хлебной массы в молотильном пространстве аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. – 2016. – № 2 (72). – С. 7-11.
5. **Алдошин Н.В., Золотов А.А., Аладьев Н.А., Лылин Н.А.** Исследование повреждаемости и всхожести белого люпина в лабораторных условиях // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. – 2016. – № 4. – С. 21–28.
6. **Ломакин С.Г., Бердышев В.Е.** Анализ технического уровня зерноуборочных комбайнов "РОТСЕЛЬМАШ" // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. – 2017. – № 6 (82). – С. 34-42.
7. **Aldoshin N.V.** Methods of harvesting of mixed crops (Web of Science) // *Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering*. – 2016. – Part 1. – P. 26–32.
8. **Ломакин С.Г., Бердышев В.Е., Шевцов А.В.** Сравнительная оценка аксиально-роторных МСС с различными типами дек молотильной части // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование*. – 2015. – № 1 (37). – С. 199-202.
9. **Бердышев В.Е., Ломакин С.Г., Шевцов А.В.** Влияние типа дек на качество работы аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системы // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. – 2015. – № 1(65). – С. 20-24.
10. **Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С., Лылин Н.А.** Уборка бинарных посевов зерновых культур // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. – 2016. – № 3. – С. 11–17.
11. **Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С., Лылин Н.А., Малла Бахаа.** Уборка смешанных посевов зерновых культур методом очёса // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. – 2016. – №1. – С. 7–13.
12. **Ожерельев В.Н., Жалнин Э.В., Никитин В.В.** Перспективы развития конструкции зерноуборочного комбайна // *Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Гулевского*. – 2018. – С. 137-143.
13. **Алдошин Н.В.** Сравнительная оценка комбайнов на уборке белого люпина // *Сельский механизатор*. – 2015. – № 11. – С. 10–13.
14. **Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С.** Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2018. – Т. 12.- №2. – С. 4-8.
15. **Ожерельев В.Н., Жалнин Э.В., Никитин В.В.** Перспективы развития конструкции зерноуборочного комбайна // *Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Гулевского*. – 2018. – С. 137-143.

Literatura

1. **Aldoshin N.** Harvesting lupines albus axial rotary combine harvesters / Didmanidze Otari, Nikolay Aldoshin // *Research in Agricultural Engineering*. – 2018. – Vol. 64, (4) – P.209–214.
2. **ZHalnin E.V.** Kakoj kombajn vybrat'? // *Sel'skij mekhanizator*. – 2015. – №4. – S. 4-6.
3. **Aldoshin N., Lylin N.A.** Improving the Design of the Grain Combine Harvester Cleaner // *Russian Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 44, № 1. – p. 108-111.

4. **Berdyshev V.E., Lomakin S.G., Soldatenkov V.V.** Dvizhenie hlebnoj massy v molotil'nom prostranstve aksial'no-rotornogo molotil'no-separiruyushchego ustrojstva // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina. – 2016. – № 2 (72). – S. 7-11.
5. **Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Alad'ev N.A., Lylin N.A.** Issledovanie povrezhdaemosti i vskhozhesti belogo lyupina v laboratornyh usloviyah // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina. – 2016. – № 4. – S. 21–28.
6. **Lomakin S.G., Berdyshev V.E.** Analiz tekhnicheskogo urovnya zernouborochnyh kombajnov "ROSTSEL'MASH" // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina. – 2017. – № 6 (82). – S. 34-42.
7. **Aldoshin N.V.** Methods of harvesting of mixed crops (Web of Science) // Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering. – 2016. – Part 1. – P. 26–32.
8. **Lomakin S.G., Berdyshev V.E., SHEvcov A.V.** Sravnitel'naya ocenka aksial'no-rotornyh MSS s razlichnymi tipami dek molotil'noj chasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – № 1 (37). – S. 199-202.
9. **Berdyshev V.E., Lomakin S.G., SHEvcov A.V.** Vliyanie tipa dek na kachestvo raboty aksial'no-rotornoj molotil'no-separiruyushchej sistemy // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina. – 2015. – № 1(65). – S. 20-24.
10. **Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Cygutkin A.S., Lylin N.A.** Uborka binarnyh posevov zernovyh kul'tur // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina. – 2016. – № 3. – S. 11–17.
11. **Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Cygutkin A.S., Lylin N.A., Malla Bahaa.** Uborka smeshannyh posevov zernovyh kul'tur metodom ochyosa // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina. – 2016. – №1. – S. 7–13.
12. **Ozherel'ev V.N., ZHalnin E.V., Nikitin V.V.** Perspektivy razvitiya konstrukcii zernouborochnogo kombajna // Energoeffektivnost' i energosberezhenie v sovremennom proizvodstve i obshchestve: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / pod red. V.A. Gulevskogo. – 2018. – S. 137-143.
13. **Aldoshin N.V.** Sravnitel'naya ocenka kombajnov na uborke belogo lyupina // Sel'skij mekhanizator. – 2015. – № 11. – S. 10–13.
14. **ZHalnin E.V., Cench YU.S., P'yanov V.S.** Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernouborochnyh kombajnov po funkcional'nym i konstruktivnym parametram // Sel'skokozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2018. – T. 12.- №2. – S. 4-8.
15. **Ozherel'ev V.N., ZHalnin E.V., Nikitin V.V.** Perspektivy razvitiya konstrukcii zernouborochnogo kombajna // Energoeffektivnost' i energosberezhenie v sovremennom proizvodstve i obshchestve: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / pod red. V.A. Gulevskogo. – 2018. – S. 137-143.

УДК 631.365.32

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12173

Доктор техн. наук **В.В. МОРОЗОВ**
 (ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, rector@vgsa.ru)
 Канд. техн. наук **М.Б. ТЕЛПУК**
 (ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, telpook@vgsa.ru)

ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СОРТООБРАЗЦА ПОЛБЫ «НАГАЯ»

Одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Псковской области является развитие агропромышленного комплекса. На протяжении трех последних лет регион выступает лидером по росту производства продукции сельского хозяйства по СЗФО и в среднем по России. Указанный результат стал следствием реализации программы развития животноводства, в том числе потребовавшей значительного увеличения объема

выращиваемого зерна. Так, по сведениям службы государственной статистики Псковской области за последние 5 лет доля зерновых в структуре посевных площадей постепенно увеличивается и по последним представленным данным составила 18,6%, а в натуральном выражении – 45,4 тыс. га. Валовые сборы зерна ожидаемо увеличиваются, отчасти и за счет возрастающей урожайности. В 2016 г. валовый сбор зерна в хозяйствах всех категорий составил 116,8 тыс. т. [1]. Однако, несмотря на положительную динамику, в отраслях животноводства и птицеводства сохраняется дефицит зерна. Так, например, птицефабрика «Назия», реализующая второй этап «Зернового проекта», в рамках которого она засеивает возрожденные поля зерновыми культурами для производства комбикормов, при годовом валовом сборе в 5000 т. зерна удовлетворяет собственную потребность лишь на 17% [2]. Схожая ситуация и у крупнейшего предприятия области – Великолукского агропромышленного холдинга, после ввода всех объектов которого производственная мощность составит более 2 млн. свиней в год.

Цель исследования. В то же время одним из важных направлений Государственной программы развития сельского хозяйства Российской Федерации в части растениеводства является расширение ассортимента возделываемых крупяных культур. В рамках решения приоритетных задач, учеными Псковского НИИСХ и Великолукской ГСХА, во главе с доктором с.-х. наук В.Д. Кобылянским проводится работа по селекции полбы, на данный момент ведутся комплексные исследования сортообразца «Нагая» [3]. Авторами отмечаются перспективы данной разновидности пшеницы в Нечерноземной зоне. Полба обладает невысокими требованиями к условиям выращивания, большой экологической пластичностью, исследуемый сортообразец очень скороспелый, отличается засухоустойчивостью, холодоустойчивостью и другими ценными признаками. Помимо прочего, полба устойчива к болезням и отличается высоким содержанием белка в зерне, достигающим до 23,0 % [3]. Исследуемый сортообразец полбы обладает характеристиками, отличными от прочих разновидностей пшеницы, это влечет необходимость обоснования параметров машин как при уборке, так и послеуборочной обработке.

Материалы, методы и объекты исследования. Имеющийся опыт Псковского НИИСХ указывает на влажность полбы, поступающей на сушку, в пределах 15–33%. На этапе послеуборочной обработки может происходить до 40% потерь урожая, а в структуре энергозатрат этот этап достигает до 60%. Наряду с изучением отличительных биологических свойств полбы, ее крупяных достоинств, необходимо изучение параметров зернового вороха, как объекта послеуборочной обработки, что позволит обосновать параметры машин и технологические режимы обработки при получении семян и фуражного материала.

Нами проведены исследования по определению геометрических размеров единичных семян и зерен, массы 1000 семян, плотности зерен, зернового слоя. Указанные параметры определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 10842-89. Средние значения влажности проб зерна на нижнем уровне определялись в соответствии с ГОСТ 10839-64.

Исследования проводились для зерна влажностью от 8 до 35%. Обработка полученных результатов производилась с применением инструментов программного продукта STATISTICA. Результаты экспериментальных исследований, а также их основные статистики представлены в таблице 1.

Результаты исследования. Из результатов, представленных в табл. 1, видно, что влажное зерно имеет более крупные размеры, в среднем уменьшение размеров при сушке происходит на 7,3%. Основные изменения касаются ширины зерна, это 10,8%. Выявленные изменения наиболее выражены при снижении влажности с 22% до 13%, вероятно, это связано с характером содержания влаги в зерне. При проектировании машин для послеуборочной обработки изменения зерна, в случае значительного переувлажнения свыше 22%, не существенны.

При проектировании и настройке семяочистительных и сортировальных машин необходимо учесть среднее варьирование зерен по длине; для ширины и толщины выявлены значительные различия значений в отобранных пробах.

Помимо размеров существенное влияние на параметры зерновой массы оказывает форма зерна, проведенные исследования указывают, что зерно полбы имеет выраженную продолговатую форму, при сушке характер формы сохраняется. Исследуемая зерновая масса имеет невысокую сыпучесть наряду с высокой порозностью. Высокое значение порозности обеспечивает возможность снижения энергоемкости процесса сушки, пневмотранспорта зерновой массы. Порозность слоя оказывает значительное влияние на теплоемкость обрабатываемого материала [4], разница может составлять более 2 - 3 раз. Одним из направлений, снижающих выявленные проблемы, является использование обработки в псевдооживленном слое, теплоемкость которого практически равна теплоемкости отдельного зерна.

Таблица 1. Результаты исследования параметров зерна сортообразца

| Показатель | Основные статистики | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------|---------|--------------|--------------|-----------|
| | Н набл. | Сред- нее | Минимум | Мак- сим. | Ст.от кл. | Коэф.вар. |
| Влажность 8% | | | | | | |
| Длина, мм | 500,00 | 7,23 | 2,00 | 9,30 | 1,07 | 14,489 |
| Ширина, мм | 500,00 | 3,00 | 0,50 | 11,50 | 1,19 | 41,139 |
| Толщина, мм | 500,00 | 2,58 | 0,50 | 4,00 | 0,70 | 26,897 |
| Масса 1000, г | 3,00 | 22,88 | 22,86 | 22,90 | 0,02 | 0,088 |
| Плотность зерна, г/см ³ | 3,00 | 1,25 | 1,22 | 1,28 | 0,03 | 2,470 |
| Влажность 13% | | | | | | |
| Длина, мм | 500,00 | 7,38 | 2,06 | 9,58 | 1,09 | 15,261 |
| Ширина, мм | 500,00 | 3,09 | 0,52 | 11,85 | 1,22 | 39,598 |
| Толщина, мм | 500,00 | 2,63 | 0,51 | 4,08 | 0,71 | 27,428 |
| Масса 1000, г | 3,00 | 24,02 | 24,00 | 24,05 | 0,02 | 0,094 |
| Плотность зерна, г/см ³ | 3,00 | 1,19 | 1,16 | 1,22 | 0,03 | 2,327 |
| Влажность 22% | | | | | | |
| Длина, мм | 500,00 | 7,59 | 2,08 | 9,86 | 1,12 | 15,059 |
| Ширина, мм | 500,00 | 3,32 | 0,55 | 12,88 | 1,31 | 37,574 |
| Толщина, мм | 500,00 | 2,73 | 0,53 | 4,28 | 0,74 | 28,538 |
| Масса 1000, г | 3,00 | 26,08 | 26,06 | 26,11 | 0,02 | 0,087 |
| Плотность зерна, г/см ³ | 3,00 | 1,30 | 1,26 | 1,33 | 0,03 | 2,305 |
| Влажность 26% | | | | | | |
| Длина, мм | 500,00 | 7,59 | 2,12 | 9,86 | 1,12 | 14,952 |
| Ширина, мм | 500,00 | 3,30 | 0,55 | 12,77 | 1,31 | 39,954 |
| Толщина, мм | 500,00 | 2,73 | 0,53 | 4,28 | 0,74 | 27,660 |
| Масса 1000, г | 3,00 | 26,99 | 26,97 | 27,02 | 0,02 | 0,092 |
| Плотность зерна, г/см ³ | 3,00 | 1,34 | 1,31 | 1,37 | 0,03 | 2,400 |
| Влажность 35% | | | | | | |
| Длина, мм | 500,00 | 7,59 | 2,10 | 9,86 | 1,12 | 14,483 |
| Ширина, мм | 500,00 | 3,32 | 0,56 | 12,65 | 1,31 | 37,933 |
| Толщина, мм | 500,00 | 2,73 | 0,53 | 4,28 | 0,74 | 26,096 |
| Масса 1000, г | 3,00 | 29,05 | 29,03 | 29,08 | 0,03 | 0,094 |
| Плотность зерна, г/см ³ | 3,00 | 1,44 | 1,41 | 1,48 | 0,03 | 2,521 |

Применение аэродинамических устройств для сушки и охлаждения зерна позволяет использовать указанные преимущества обработки, совмещения на одном рабочем органе сразу нескольких технологических операций: транспортирования, охлаждения, подсушки зерна и т.д.

Основной задачей при расчете процесса охлаждения зерна после сушки является вывод уравнения температурной кривой, показывающей изменение во времени температуры охлаждаемого зерна, в зависимости от других параметров процесса.

При обработке зерна важным фактором является скорость витания зерна, находящегося в псевдооживленном слое. Его значение зависит от множества параметров, таких как форма зерна, его плотность, геометрические размеры и состояние поверхности. Теоретически скорость витания для частиц продолговатой, неправильной формы возможно определить, используя зависимость, предложенную Успенским [5].

$$v_{\text{ВИТ}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot d_{\text{ЭКВ}}^3 (\rho_z - \rho_v)}{3 \cdot C \cdot \rho_v}}, \quad (1)$$

где $d_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентный диаметр зерна, м;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³;

C – коэффициент сопротивления частицы, зависящий от числа Рейнольдса.

Эквивалентный диаметр характеризует лобовое сопротивление зерна потоку агента охлаждения и может быть определен по следующей формуле

$$d_{\text{ЭКВ}} = 2^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{3 \cdot m_{1000}}{4 \cdot \pi \cdot \rho_z \cdot 1000}}, \quad (2)$$

где m_{1000} – масса тысячи зерен, кг;

ρ_z – плотность зерна, кг/м³.

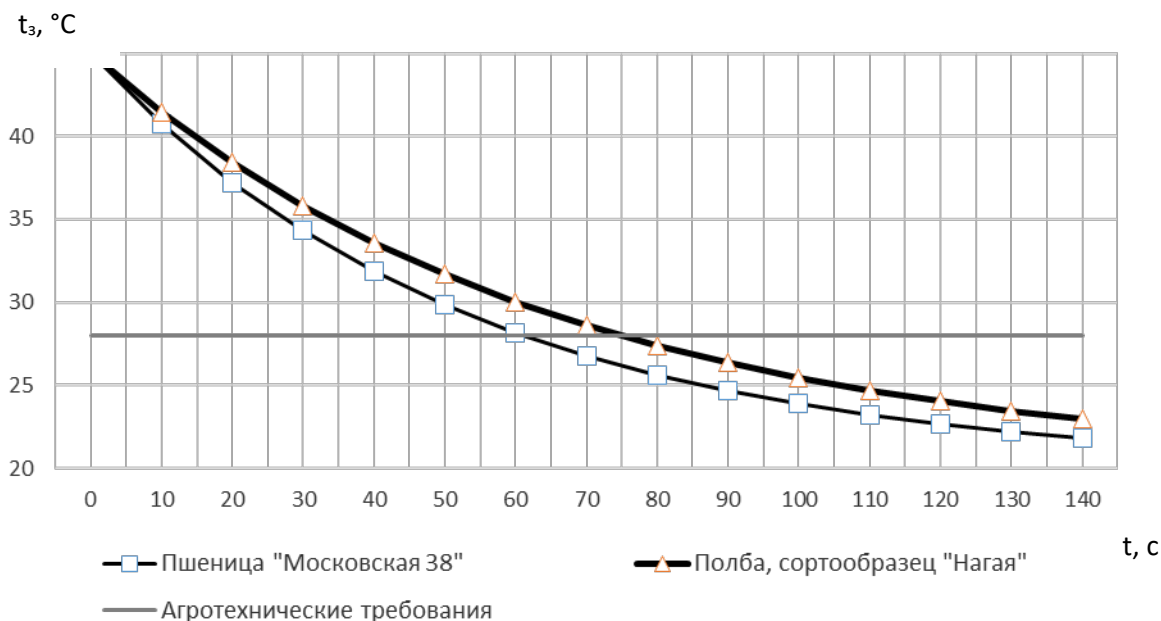


Рис. 1. Температура зерна в зависимости от времени перемещения в аэродинамическом охладителе

Используя для расчета данные, представленные в табл. 1, значение эквивалентного диаметра сухого зерна влажностью 13% составит 3,27 мм. Размеры зерна существенно влияют на режимы и конструктивные особенности используемых машин, в частности, при сушке и последующем охлаждении зерна в псевдооживленном слое также важна однородность обрабатываемого материала, потому что даже незначительные изменения

размеров, влияющие на сопротивление слоя, влекут существенное увеличение энергоёмкости процесса [6].

Для определенного значения эквивалентного диаметра, используя приведенную зависимость (2), средняя скорость витания для высушенного зерна влажностью 13% составит порядка 3,8 м/с.

С целью получения на ЭВМ графических интерпретаций предложенной зависимости температуры охлаждаемого зерна нами были приняты рекомендованные исходные данные для охлаждения зерна на предложенном аэродинамическом охладителе [7].

После обработки на ЭВМ были получены графики, характеризующие процесс охлаждения пшеницы «Московская 38» и сортообразца полбы после сушки до кондиционной влажности 13%, при использовании в качестве агента охлаждения наружного воздуха температурой 20°C. Результаты представлены на рисунке.

Выводы.

Анализируя представленные данные, можно сделать вывод о меньшей интенсивности охлаждения зерна полбы в сравнении с пшеницей. Это говорит о необходимости увеличения количества используемого агента охлаждения, что ограничено параметрами, обеспечивающими качественное псевдооживление зернового слоя, либо о снижении температуры агента охлаждения, что так же требует применения дополнительных охлаждающих устройств. Наиболее приемлемым является увеличение длины газораспределительной решетки аэродинамического охладителя.

Установленная разница в динамике охлаждения показывает, что требуется больше времени, разница составляет порядка 15 сек. Исходя из сведений о средней скорости перемещения зернового слоя в представленных условиях потребуются увеличение длины газораспределительной решетки до 1,5 м.

Ввиду сложности теоретического обоснования свойств зернового слоя при его псевдооживлении в дальнейшем будут проведены экспериментальные исследования определяющего фактора при проектировании аэродинамических устройств – скорости витания частиц, что позволит более точно определить требуемые параметры технологического оборудования при послеуборочной обработке зерна новых разновидностей пшеницы.

Литература

1. **Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство:** Псковстат [Электронный ресурс].- URL: http://pskovstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/pskovstat.ru/statistics/enterprises/agriculture/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
2. **Сергей Перников** высоко оценил «Зерновой проект» птицефабрики «Назия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://businesspskov.ru/rbusiness/bapk/113413.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
3. **Федорова И.В., Федорова Ю.Н., Ярошевич Г.С.** Оценка образцов полбы голозерной в условиях Северо-Западного региона // Проблемы инновационного развития АПК: материалы международной научно-практической конференции (13-14 апреля 2017 г., г. Великие Луки). – Великие Луки: РИО ВГСХА, 2017. – С. 31-34.
4. **Лурье В.М.** Исследование процесса охлаждения семенного зерна: автореф. дис. ... канд.техн.наук. – М.,1970. – 27 с.
5. **Успенский В.А.** Пневматический транспорт. – М.:Металлургиздат, 1952. – 152 с.
6. **Волхонов М.С.** Обоснование и совершенствование процессов и аэрожелобных устройств для послеуборочной обработки зерна: автореф. дис... доктора техн. наук.- Чебоксары, 2008. – 38 с.
7. **Морозов В.В., Тельпук М.Б.** Охлаждение зерна в аэродинамическом охладителе // Сельский механизатор. – 2011. - №5. – С. 10-11.

Literatura

1. **Sel'skoe hozyajstvo, ohotа i lesnoe hozyajstvo**: Pskovstat [Elektronnyj resurs].- URL: http://pskovstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/pskovstat.ru/statistics/enterprises/agriculture/svobodnyj. – Zagl. s ekrana. – YAz.rus.
2. **Sergej Pernikov vysoko ocenil** «Zernovoj proekt» pticefabriki «Naziya» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://businesspskov.ru/rbusiness/bapk/113413.html>, svobodnyj. – Zagl. s ekrana. – YAz.rus.
3. **Fedorova I.V., Fedorova YU.N., YAroshevich G.S.** Ocenka obrazcov polby golozernoj v usloviyah Severo-Zapadnogo regiona // Problemy innovacionnogo razvitiya APK: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (13-14 aprelya 2017 g., g. Velikie luki). – Velikie Luki: RIO VGSKHA, 2017. – S. 31-34.
4. **Lur'e V.M.** Issledovanie processа ohlazhdeniya semennogo zerna: avtoref. dis. ... kand.tekhn.nauk. – M.,1970. – 27 s.
5. **Uspenskij V.A.** Pnevmaticheskij transport. – M.:Metallurgizdat, 1952. – 152 s.
6. **Volhonov M.S.** Obosnovanie i sovershenstvovanie processov i aerozhelobnyh ustrojstv dlya posleuborochnoj obrabotki zerna: avtoref. dis... doktora tekhn. nauk.- SHeboksary, 2008. – 38 s.
7. **Morozov V.V., Tel'puk M.B.** Ohlazhdenie zerna v aerodinamicheskom ohladitele // Sel'skij mekhanizator. – 2011. - №5. – S. 10-11.

УДК 631.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12178

Доктор техн. наук **Г.П. ЕРОШЕНКО**
(ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»,
s.m.bakirov@mail.ru)

Доктор техн. наук **Д.А. СОЛОВЬЕВ**
(ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»,
solovevda@bk.ru)

Канд. техн. наук **С.М. БАКИРОВ**
(ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»,
s.m.bakirov@mail.ru)

СНИЖЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕКЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРА ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Дождевальные машины характеризуются различными мелиоративными и техническими параметрами, по которым определяется ее эффективность. К мелиоративным параметрам относят площадь полива, интенсивность дождя, скорость полива. На основе этих данных судят не только об эффективности дождевальной машины (ДМ), но и всего процесса дождевания в целом, включая входные параметры водоподачи и прироста урожая [1].

Технические параметры характеризуют эффективность только ДМ. В первую очередь к ним относят потребляемую мощность, снижая которую при прочих равных условиях является актуальным научно-техническим исследованием. В электрифицированных дождевальных машинах с автоматическим управлением потребляемая мощность складывается из мощностей электропривода и системы управления. Как известно из [2], мощность электродвигателя привода секции дождевальной машины зависит от многих параметров:

$$P_{\text{дв}} = \frac{F_C r \omega_{\text{дв}}}{i \eta_{\text{пер}}}, \quad (1)$$

где F_C – сила сцепления в точке касания колеса секции, H ; r – радиус колеса, m ; $\omega_{дв}$ – угловая скорость двигателя, $рад/с$; i – суммарное передаточное число, о. е.; $\eta_{пер}$ – коэффициент полезного действия передачи, о. е.

Анализируя данное выражение, в знаменателе передаточное число определяет скорость движения секции. Тем самым, увеличивая передаточное число, при прочих равных параметрах ведет к снижению мощности электродвигателя, но уменьшает скорость перемещения секции. Угловая скорость электродвигателя имеет стандартные типоразмеры и повлиять на нее сложно. А сила сцепления и радиус колес определяют динамические свойства машины, которыми можно управлять. В [2] приводятся варианты управления силой сцепления, однако несмотря на глубину исследований, проблема снижения энергозатрат в дождевальных машинах полностью еще не решена. При этом, уменьшая значение силы сцепления, пропорционально можно снизить мощность электропривода.

Целью исследования является установить уровень максимального снижения потребляемой мощности электродвигателя при возможных вариантах изменения силы сцепления.

Материалы, методы и объекты исследования. Для достижения поставленной цели воспользуемся методом научного познания – анализ, используя расширенную теорию курса физики [3] с применением простейшего математического анализа данной зависимости.

В качестве объекта исследования принимается одна секция электрифицированной дождевальной машины кругового действия, на примере дождевальной машины МДЭК «Кубань-ЛК1 М» (Каскад).

Результаты исследования. Сила сцепления в точке касания колеса с грунтом зависит от коэффициента сцепления μ и результирующего веса P в данной точке

$$F_C = \mu P. \quad (2)$$

Рассматриваемая секция ДМ имеет два колеса, поэтому сила равномерно распределяется на них.

Коэффициент сцепления зависит от параметров колес: материала, ширины колес, особенностей протектора; а также от параметров грунта: вида, структуры, влажности и т.п. Принимая в данной работе стандартные размеры колес и работу машины на сухом грунте, можно считать коэффициент сцепления постоянным на отдельном промежутке времени. Тогда результирующий вес в точке действия будет складываться

$$P = P_T + P_e + P_O, \quad (3)$$

где P_T – вес трубопровода без воды вместе с фермой, H ; P_e – вес поливной воды, H ; P_O – вес опоры секции, H .

Вес опоры определяется ее конструктивными особенностями. Опора представляет собой А-образную раму, на вершине которой закрепляется край водораспределительного трубопровода с шарниром карданного типа. Основная функция опоры – удерживать водораспределительный трубопровод с возможностью перемещения по кругу (рис. 1).

Вес опоры складывается из веса А-образной рамы, веса электродвигателя, передачи и веса колес. Изменив (упростив) конструкцию опоры, необходимо проводить продолжительные и сложные экспериментальные исследования, чтобы не повлечь за собой ряд негативных последствий в нарушении устойчивости, динамических характеристик и т. д. Поэтому в данном расчете примем P_O постоянным.

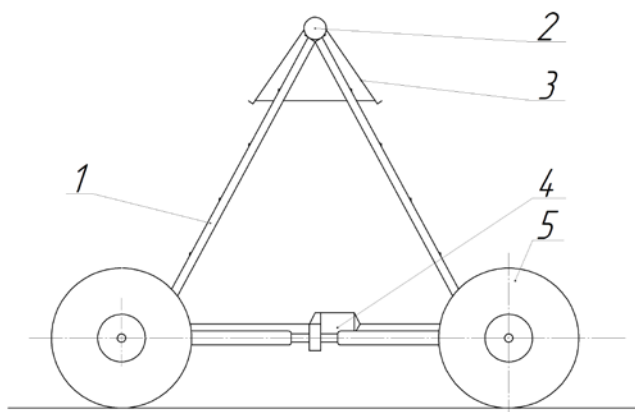


Рис. 1. Опора секции дождевальной машины (вид сбоку): 1 – А-образная рама, 2 – водораспределительный трубопровод, 3 – ферма трубопровода, 4 – электродвигатель, 5 – колеса

Вес сухого водораспределительного трубопровода определяется:

$$P_T = \gamma_T V_T (1 + \alpha), \quad (4)$$

где γ_T – удельный вес трубопровода, который зависит от толщины стенки, H/m^3 ; V_T – объем трубопровода, который зависит от диаметра и длины, m^3 ; α – коэффициент, учитывающий вес фермы, поддерживающей трубопровод, о.е

Обычно водопроводящий трубопровод выполнен в виде соединенных отрезков стальной трубы с толщиной стенки b , удовлетворяющей требованиям к изгибанию трубопровода с водой. Фланцевым соединением отрезков трубы друг с другом можно пренебречь, поскольку при длине трубопровода секции $l = 65$ м, таких соединений будет около 10...12. Преобразовав выражение (4), получим вес сухого трубопровода:

$$P_T = \frac{\pi}{2} b d l \rho_{cm} g (1 + \alpha), \quad (5)$$

где b – толщина стенки трубопровода, м; d – диаметр трубопровода, м; l – длина трубопровода, м; ρ_{cm} – плотность стали, из которой выполнен трубопровод [3] $\rho_{cm} = 7869$ кг/м³; g – ускорение свободного падения [3] для Саратовской области $g = 9,817$ м/с².

Вес воды внутри трубопровода определяется весом в статическом положении и весом реакции. Принимая во внимание идеальный случай, когда реакция выхода воды компенсируется реакцией входа воды в трубопровод, то достаточно рассмотреть вес воды в статическом состоянии

$$P_e = \gamma_e V_e, \quad (6)$$

где γ_e – удельный вес воды [3]; H/m^3 ; V_e – объем, занимаемый водой в водораспределительном трубопроводе и гибких отводящих трубках дождеобразующих устройств, м³.

Объем воды, находящийся внутри гибких трубок дождеобразующих устройств, пренебрежимо мал по сравнению с объемом воды в водораспределительном трубопроводе. Учет данного объема приведет к сложным расчетам и в целом не повлияет на цель поиска решения, поэтому рассмотрим только объем воды внутри водораспределительного трубопровода:

$$P_e = \frac{\pi}{4} l \rho_e g \left(d^2 - db + \frac{b^2}{4} \right), \quad (7)$$

где ρ_e – плотность воды [3] $\rho_e = 1000$ кг/м³.

Тогда с учетом выражений (4 – 7) выражение (3)

$$P = \pi g l \left(\frac{1}{2} \rho_{cm} b d (1 + \alpha) + \frac{1}{4} \rho_{\epsilon} d^2 - \frac{1}{4} \rho_{\epsilon} b d + \frac{1}{16} \rho_{\epsilon} b^2 \right) + P_o. \quad (8)$$

Принимая во внимание детерминированность параметров выражения (8) и выражения (3), таких как плотность воды и стали, к.п.д. передачи, а также задаваясь параметрами колеса и передачи, рассмотрим преобразованное выражение мощности электродвигателя секции длиной 65 м

$$P_{\text{дв}} = \frac{\mu (A b d + B d^2 + C b^2 + D) \omega_{\text{дв}}}{i \eta_{\text{пер}}}, \quad (9)$$

где A, B, C и D – коэффициенты преобразованных детерминированных параметров.

По выражению (9) видно, что мощность электродвигателя прямопропорционально зависит от диаметра и толщины стенки водопроводящего трубопровода. Зависимость снижения давления на стенки трубопровода от длины имеется, что, соответственно, упрощает требования к прочности в конце линии. Обычно толщину стенки на протяжении всей длины трубопровода не изменяют. Это связано с вариантами типо-размерного ряда труб круглого сечения и сложностью сборки дождевальной машины. Поэтому рассмотрим возможное изменение диаметра для одной секции дождевальной машины кругового действия.

Рассматривая теорию изменения диаметра для одной секции, нельзя применять ее для расчета всей дождевальной машины, поскольку их математические модели движения воды будут иметь существенные отличия [4]. Секция дождевальной машины характеризуется длиной, диаметром водораспределительного трубопровода, количеством и диаметром гибких трубопроводов дождеобразующих устройств, а также расстоянием между ними. Пример модели схемы движения поливной воды секции изображен на рис. 2.

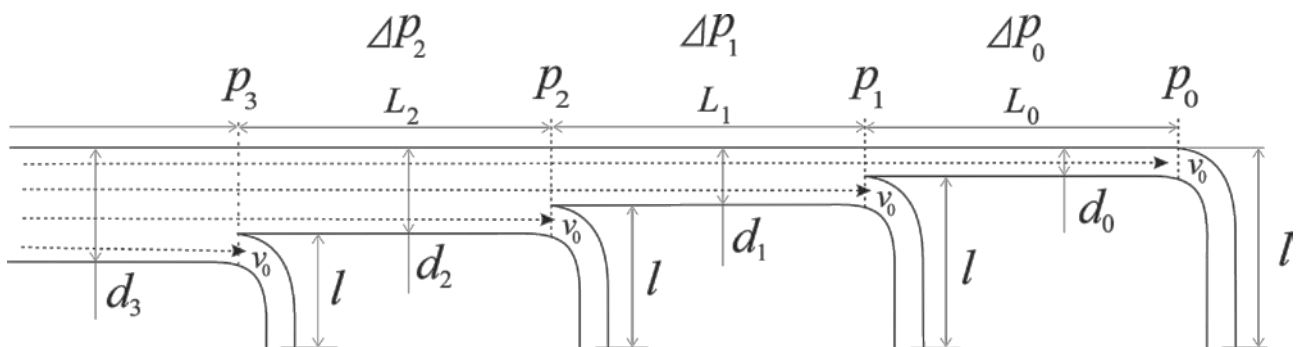


Рис. 2. Модель схемы движения поливной воды секции дождевальной машины

В данной теории необходимо определить минимальное значение диаметра в конце и в начале водопроводящего трубопровода с учетом мелиоративных особенностей полива. Начиная с крайнего гибкого трубопровода, условием работы машины является скорость движения воды v_0 (м/с) и расход воды Q (м³/с)

$$v_0 = \frac{Q}{S}, \quad (10)$$

где S – площадь поперечного сечения крайнего гибкого трубопровода, м².

В данном случае примем допущение – потери скорости и давления поливной воды в гибких трубках пренебрежимо малы, а длина каждого гибкого трубопровода l (м) одинакова и минимальна.

Тогда давление в точке p_0 по уравнению Бернулли [3]

$$p_0 = \frac{\rho_6 v_0^2}{2} + \rho gh = \frac{16\rho_6 Q^2}{\pi^2 d_0^4} + \rho gh, \quad (11)$$

где m – масса поливной воды, кг; t – продолжительность движения поливной воды, с.
Потери давления на участке L_0 (м)

$$\Delta p_0 = \lambda \frac{L_0 \rho_6 v_0^2}{2d_0}, \quad (12)$$

или можно записать как

$$p_1 - p_0 = \lambda \frac{L_0 \rho_6 v_0^2}{2d_0}, \quad (13)$$

где λ – коэффициент потерь на трение по длине, зависящий от материала и его шероховатости (внутренней стенки водораспределительного трубопровода), о.е.; d_0 – минимальный диаметр на конце водораспределительного трубопровода секции, м.

Таким образом, на конце водораспределительного трубопровода секции определен минимальный диаметр, на который необходимо ориентироваться для снижения мощности электропривода. Однако для точного расчета необходимо определить диаметр в начале водораспределительного трубопровода по соответствующей норме полива. Для этого рассмотрим потери на каждом участке

$$p_2 = p_1 + \Delta p_2 = \lambda \frac{L_0 \rho_6 v_0^2}{2d_0} + \lambda \frac{L_1 \rho_6 v_0^2}{2d_1} + \frac{\rho_6 Q^2}{S^2}, \quad (14)$$

$$p_3 = p_2 + \Delta p_3 = \lambda \frac{L_0 \rho_6 v_0^2}{2d_0} + \lambda \frac{L_1 \rho_6 v_0^2}{2d_1} + \lambda \frac{L_2 \rho_6 v_0^2}{2d_2} + \frac{\rho_6 Q^2}{S^2}, \quad (15)$$

и т.п.

Принимая во внимание положение, что все дождеобразующие устройства находятся друг от друга на равном расстоянии

$$L_0 = L_1 = L_2 = \dots = L_n = L,$$

а диаметры гибких трубопроводов дождеобразующих устройств

$$d_0 = \frac{d_1}{2} = \frac{d_2}{3} = \dots = \frac{d_n}{n-1},$$

тогда с учетом преобразований

$$p = \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} \frac{\lambda L \rho_6 v_0^2}{2d_0} + \frac{16\rho_6 Q^2}{\pi^2 d_0^4} + \rho gh. \quad (16)$$

С учетом данных исследований можно сделать вывод о том, что диаметр в конце секции водораспределительного трубопровода определен нормой расхода жидкости по выражению (10) и (11), а диаметр в начале секции – давлением, которое необходимо создать с учетом потерь и расхода поливной воды в каждое дождеобразующее устройство – выражение (16).

Анализируя выражение (16) даже в данном упрощенном виде, становится ясно, что при сохранении диаметра водопроводящего трубопровода по всей длине – одинаковые потери давления, и, соответственно, скорости потока поливной воды периодически увеличиваются по экспоненциальному закону. Таким образом, давление в начале секции необходимо поддерживать в завышенном значении для данной конструкции. При плавном уменьшении диаметра в соответствии с количеством отводов в каждое дождеобразующее

устройство позволяет пропорционально снизить давление потока в начале секции. Также при плавном уменьшении диаметра уменьшится нагрузка на электропривод.

Рассмотрим, как зависит плавное уменьшение диаметра [5] водопроводящего трубопровода при постоянных – длине и толщине стенки трубопровода:

$$\Delta P_{\text{дв}} = \frac{\mu(A'(d - d_{\text{сп}}) + B'(d - d_{\text{сп}})^2 + C' + D)\omega_{\text{дв}}}{i\eta_{\text{неп}}}, \quad (17)$$

где d, d_0 – диаметр соответственно в начале и в конце водораспределительного трубопровода, м.

Преобразуя выражение снижения мощности электропривода в долях от полной мощности выражения (9), подставляя известные параметры, получим:

$$\Delta P_{\text{дв max}} = 0,42 P_{\text{дв}}. \quad (18)$$

Выводы. Таким образом, мощность электропривода секции дождевальной машины зависит от многих параметров. Значительное влияние на мощность оказывает вес в точке касания колес с грунтом, который определяется тремя составляющими: весом опорной тележки с колесами P_0 ; весом сухого трубопровода P_T ; весом поливной воды $P_в$. Значительное влияние оказывает диаметр и толщина стенки водораспределительного трубопровода. Рассматривая только одну секцию, по мелиоративным требованиям полива дождеванием диаметр в конце трубопровода определен скоростью потока v_0 . Причем скорость потока в конце трубопровода является основополагающей и задающей остальные параметры полива. В результате для обеспечения полива в конце водопроводящего трубопровода достаточным и минимальным диаметром является d_0 . Тогда, принимая во внимание стандартный размер диаметра в начале трубопровода секции и плавно изменяя его к концу до диаметра d_0 , при прочих равных условиях, возможно снизить потребляемую мощность. Установлено, что максимально возможное снижение мощности возможно на 42%. Причем плавное уменьшение диаметра приводит к дополнительному эффекту снижения потерь давления. Однако в связи с выпускаемыми заводами-изготовителями трубопроводов стандартных диаметров плавное снижение диаметра выполнить сложно, поэтому откровенно заявлять о снижении потерь нельзя из-за появления переходов при стыковании трубопровода. Также ступенчатое снижение приведет к корректировке установленной зависимости снижения мощности электропривода, что требует дальнейших исследований.

Литература

1. **Руководство по эксплуатации.** Техническое описание и инструкции. Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1М» (Каскад) / ООО «Мелиомаш». – Саратов.: Амирит, 2015. – 102 с.
2. **Ерошенко Г.П., Соловьев Д.А., Глухарев В.А., Бакиров С.М., Старцев С.В.** Режимы и параметры электроприводов дождевальной машины кругового действия // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 10, 10-Special Issue, 2018.
3. **Яворский Б.М., Детлаф А.А.** Справочник по физике для инженеров и студентов вузов: 7-ое изд., исправленное – М.: Изд. «Наука», 1979. – 942 с.
4. **Есин А.И., Соловьев Д.А., Журавлева Л.А.** Математическое моделирование водопроводящего пояса дождевальных машин // Научная жизнь. – 2017. – №9. – С. 20-28.
5. **Машиностроение.** Энциклопедия / Ред.совет: К. В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Математика. Т 1-1 / У. Г. Пирумов, В. С. Зарубин, А. П. Крищенко и др.; Под общ. ред. У. Г. Пирумова, В. С. Зарубина. – 2003. – 992 с., ил.

Literatura

1. **Rukovodstvo po ekspluatatsii.** Tekhnicheskoe opisanie i instrukcii. Mashina dozhdeval'naya elektrificirovannaya krugovaya «Kuban'-LK1M» (Kaskad) / ООО «Meliomash». – Saratov.: Amirit, 2015. – 102 s.
2. **Eroshenko G.P., Solov'ev D.A., Gluharev V.A., Bakirov S.M., Starcev S.V.** Rezhimy i parametry elektroprivodov dozhdeval'noj mashiny krugovogo dejstviya // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 10, 10-Special Issue, 2018.
3. **YAvorskij B.M., Detlaf A.A.** Spravochnik po fizike dlya inzhenerov i studentov vuzov: 7-oe izd., ispravlennoe. – M.: Izd. «Nauka», 1979. – 942 s.
4. **Esin A.I., Solov'ev D.A., ZHuravleva L.A.** Matematicheskoe modelirovanie vodoprovodyashchego poyasa dozhdeval'nyh mashin // Nauchnaya zhizn'. – 2017 – №9. – S. 20-28.
5. **Mashinostroenie.** Enciklopediya / Red.sovet: K. V. Frolov (pred.) i dr. – M.: Mashinostroenie. Matematika. T 1-1 / U. G. Pirumov, V. S. Zarubin, A. P. Krishchenko i dr.; Pod obshch. red. U. G. Pirumova, V. S. Zarubina. – 2003. – 992 s., il.

УДК 62.8.004.5

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12184

Аспирант **С.В. ПЬЯНЗОВ**

(ФГБОУ ВО НИ МГУ им. Н.П. Огарёва, serega.pyanzov@yandex.ru)

МЕТОДИКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ

Наиболее полную оценку технического состояния объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства с определением всех технических характеристик гидроагрегатов дает методика заводов-изготовителей [1, 2]. Однако в настоящее время на ремонтных предприятиях и в сервисных центрах практически отсутствуют средства для её реализации. Проблема заключается в создании на вращающемся валу испытуемого гидромотора переменной нагрузки. В основном используется косвенная оценка, не позволяющая дать достоверное заключение о работоспособности бывших в эксплуатации и отремонтированных гидроприводов, что затрудняет проведение ремонтных работ [3]. Особенно остро стоит вопрос с диагностированием и профессиональным ремонтом объемных гидроприводов зарубежного производства.

Цель исследования – разработка методики динамической оценки технического состояния объемных гидроприводов, способной реализовать методику заводов-изготовителей на испытательном стенде с гидравлическим нагружающим устройством в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.

Материалы, методы и объекты исследования. Проведенный анализ парка современной техники сельскохозяйственного назначения агропромышленного комплекса Республики Мордовия показал, что в комбайнах отечественного и зарубежного производства наиболее распространены следующие объемные гидроприводы: ГСТ-90, -112 (ОАО «Пневмостроймашина» и ОАО «Гидросила»); 90R100 и 90M100 (Sauer-Danfoss); 6423-618 и 6433-113 (Eaton); BMV 70R и BMF75 (Linde); HPV105 и HMF105(Linde); AA4VG90 и A2FM90 (Bosch Rexroth) [4]. Технические характеристики данных гидроприводов позволили определить необходимые параметры стенда и разработать методику оценки их технического состояния, максимально приближенную к методике заводов-изготовителей.

Разработанная методика реализована с применением стенда с гидравлическим нагружающим устройством, разработанном на кафедре технического сервиса машин ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н.П. Огарёва» [5]. Стенд предназначен для входного и выходного

контроля, регулировки и контрольных испытаний и послеремонтной обкатки агрегатов объемного гидропривода (гидронасосов и гидромоторов) отечественного и зарубежного производства. Особенность стенда заключается в том, что при оценке технического состояния объемных гидроприводов в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров реализуется методика динамического испытания, при которой вал гидромотора вращается с переменной нагрузкой. Результат достигается за счет применения гидравлического нагружающего устройства, способного создавать на валу испытуемого гидромотора крутящий (тормозной) момент до 1000 Н·м.

Принципиальная схема испытательного стенда с гидравлическим нагружающим устройством представлена на рис. 1.

Согласно схеме (рис.1) испытуемый регулируемый гидронасос 2 обеспечивает рабочей жидкостью гидромотор 3 через две гидролинии, вследствие этого выходной вал последнего совершает вращение совместно с приводным валом нагружающего реверсивного насос-мотора 7. Насос-мотор 7, с гидробаком 8, регулируемым дросселем 5, предохранительным клапаном 10, манометром 4, расходомером 6 и обратными клапанами 11 образует отдельную гидросистему. В процессе испытания подачу, расход, давление на входе и выходе испытуемого гидромотора 3 и нагружающего реверсивного насос-мотора 7 определяют по манометрам 4 и расходомерам 6. Нагрузка на валу испытываемого гидромотора 3 создается регулируемым дросселем 5.

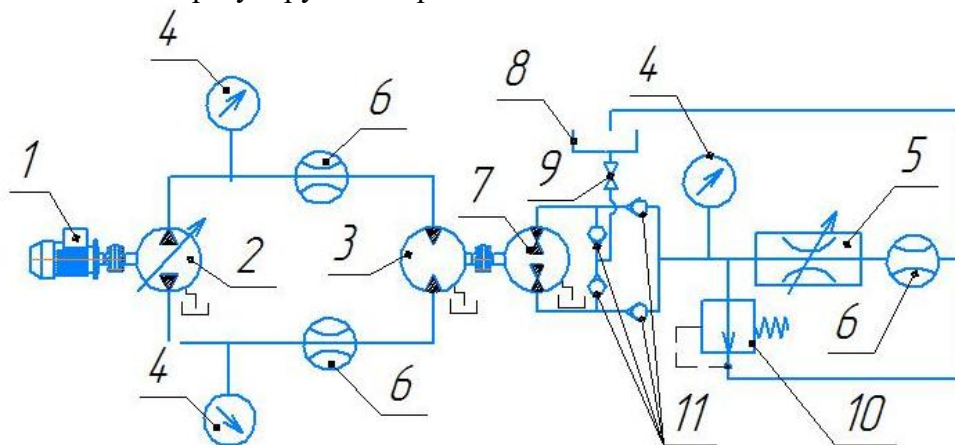


Рис. 1. Принципиальная схема стенда с гидравлическим нагружающим устройством:
1 – электродвигатель стенда; 2 – регулируемый испытуемый гидронасос; 3 – испытуемый гидромотор; 4 – манометры; 5 – дроссели; 6 – расходомеры; 7 – нагружающий реверсивный насос-мотор; 8 – гидробак нагружающего устройства; 9 – вентиль; 10 – предохранительный клапан; 11 – обратные клапаны

Результаты исследования. Методика динамической оценки технического состояния объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров заключается в следующем:

1. Устанавливаем объемный гидропривод на стенд (рис. 1): для этого жестко закрепляем испытуемый гидронасос на установочной плите стенда и гидромотор на раме гидравлического нагружающего устройства, соединив при этом приводной вал электродвигателя 1 стенда через муфту с валом испытуемого гидронасоса 2, а выходной вал гидравлического нагружающего устройства 7 при помощи муфты соединяем с валом испытуемого гидромотора 3. Соединяем гидравлическую систему согласно рекомендациям заводов-изготовителей и подключаем контрольно-измерительную аппаратуру. Заправляем рабочей жидкостью внутренние полости корпусов гидронасоса и гидромотора. Проверяем уровень рабочей жидкости в гидробаке.

2. Протираем наружную поверхность гидроагрегатов уайт-спиритом «Нефрас С4-155/200» ГОСТ 3134, обдуваем сухим сжатым воздухом ГОСТ 17433 под давлением 0,3–0,6 МПа, до полного отсутствия следов промывочной жидкости.

3. На пульте управления приводным электродвигателем стенда 1 устанавливаем значение частоты вращения вала гидронасоса $n_{\text{мин}}^H$, соответствующее минимальному значению (табл. 1 п. 1), при этом осуществляем контроль разряжения в линии всасывания (не допускается увеличение более 0,075 МПа при рабочей температуре жидкости). При заполнении рабочей жидкостью всей гидросистемы объемного гидропривода, плавно увеличиваем частоту вращения приводного вала гидронасоса до номинальной $n_{\text{ном}}^H$ (табл. 1 п. 2).

Таблица 1. Минимальное и номинальное значение частоты вращения вала гидронасоса

| Порядок испытаний | Требования к производителю и марки объемных гидроприводов | | | | |
|--|---|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>PSM-Hydraulics</i> и Гидросила | <i>Sauer-Danfoss</i> | <i>Eaton</i> | <i>Linde</i> | <i>Bosch Rexroth</i> |
| | ГСТ-112 | 90R100 90M100 | 6423-618 6433-113 | HPV105 HMF 105 | AA4VG A2FM |
| 1. Минимальная частота вращения вала гидронасоса $n_{\text{мин}}^H$, об/мин, не менее | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 2. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n_{\text{ном}}^H$, об/мин, не более | 2000 | 3300 | 3500 | 2900 | 2000 |

4. Контроль температуры рабочей жидкости. Поддерживаем номинальное значение температуры рабочей жидкости $t_{\text{ном}}$ с помощью системы терморегулирования (табл. 2 п. 1).

Таблица 2. Значения температуры рабочей жидкости объемных гидроприводов

| Порядок испытаний | Требования к производителю и марки объемных гидроприводов | | | | |
|--|---|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>PSM-Hydraulics</i> и Гидросила | <i>Sauer-Danfoss</i> | <i>Eaton</i> | <i>Linde</i> | <i>Bosch Rexroth</i> |
| | ГСТ-112 | 90R100 90M100 | 6423-618 6433-113 | HPV105 HMF 105 | AA4VG A2FM |
| 1. Температура рабочей жидкости $t_{\text{ном}}$, °С, не мене | 50±5 | 60-85 | 80±2 | 80±5 | 80-90 |
| 2. Максимальная температура рабочей жидкости $t_{\text{мах}}$, °С, не более | 75 | 115 | 100 | 100 | 115 |

Таблица 3. Давление в линии управления объемных гидроприводов

| Порядок испытаний | Требования к производителю и марки объемных гидроприводов | | | | |
|--|---|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>PSM-Hydraulics</i> и Гидросила | <i>Sauer-Danfoss</i> | <i>Eaton</i> | <i>Linde</i> | <i>Bosch Rexroth</i> |
| | ГСТ-112 | 90R100 90M100 | 6423-618 6433-113 | HPV105 HMF 105 | AA4VG A2FM |
| 1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n_{\text{ном}}^H$, об/мин, не менее | 2000 | 3300 | 3500 | 2900 | 2000 |
| 2. Давление в линии управления при отклоненном рычаге сервораспределителя, p_y , МПа, не менее | 1,45 | 1,4 | 1,5 | 1,9 | 2,2 |
| 3. В нейтральном положении рычага управления сервораспределителя, p'_y , МПа, не менее | 1,6 | 2,2 | 1,85 | 2,5 | 3,0 |

5. Контроль давления в линии управления без нагрузки. Контролируем давление в линии управления p_y при максимальном угле наклона люльки гидронасоса (табл. 3, п. 2). Затем контролируем давление в линии управления p'_y при нейтральном положении люльки гидронасоса (табл. 3, п. 3).

6. Контроль постоянного p_d (табл. 4, п. 2) и максимального кратковременного p'_d (табл. 4, п. 3) давления в линии дренажа гидронасоса и гидромотора. Максимальное кратковременное давление в линии дренажа (до 5 сек.) создаем путем дросселирования рабочей жидкости на сливе.

Таблица 4. Давление в линии дренажа объемных гидроприводов

| Порядок испытаний | Требования к производителю и марки объемных гидроприводов | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>PSM-Hydraulics</i> и Гидросила | <i>Sauer-Danfoss</i> | <i>Eaton</i> | <i>Linde</i> | <i>Bosch Rexroth</i> |
| | ГСТ-112 | 90R100 90M100 | 6423-618 6433-113 | HPV105 HMF 105 | AA4VG A2FM |
| 1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n^H_{ном}$, об/мин, не менее | 2000 | 3300 | 3500 | 2900 | 2000 |
| 2. Постоянное давление в линии дренажа p_d , МПа, не менее | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,25 | 0,4 |
| 3. Максимальное кратковременное давление в линии дренажа (до 5сек) p'_d , МПа, не более | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |

Таблица 5. Определение технических характеристик объемных гидроприводов под нагрузкой

| Порядок испытаний | Требования к производителю и марки объемных гидроприводов | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>PSM-Hydraulics</i> и Гидросила | <i>Sauer-Danfoss</i> | <i>Eaton</i> | <i>Linde</i> | <i>Bosch Rexroth</i> |
| | ГСТ-112 | 90R100 90M100 | 6423-618 6433-113 | HPV105 HMF 105 | AA4VG A2FM |
| <i>Контроль объемной подачи гидронасоса и давления в линии управления</i> | | | | | |
| 1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n^H_{ном}$, об/мин, не менее | 2000 | 3300 | 3500 | 2900 | 2000 |
| 2. Номинальное давление в линии нагнетания P , МПа, не менее | 27 | 42 | 24,1 | 25 | 40 |
| 3. Давление в линии управления p_y , МПа, не менее | 1,45 | 1,4 | 1,5 | 1,9 | 2,2 |
| 4. Объемная подача гидронасоса Q_n , л/мин, не менее | 212,8 | 330,0 | 350,7 | 289,3 | 171,0 |
| <i>Контроль частоты вращения и расхода гидромотора</i> | | | | | |
| 5. Номинальная частота вращения вала гидромотора $n^M_{ном}$, об/мин, не менее | 1950±50 | 3250±50 | 3450±50 | 2850±50 | 1950±50 |
| 6. Расход через гидромотор Q_m , л/мин, не менее | 212,8 | 330,0 | 350,7 | 289,3 | 171,0 |
| <i>Контроль максимального давления</i> | | | | | |
| 7. При вращении вала гидромотора давление срабатывания предохранительных клапанов высокого давления P_{max} , МПа, не более | 42 | 48 | 41,5 | 42 | 45 |

7. Контроль технических характеристик объемных гидроприводов под нагрузкой при номинальной частоте вращения гидронасоса $n_{\text{ном}}^H$. Задаем максимальный угол наклона люльки гидронасоса. Гидравлическим нагружающим устройством создаем тормозной момент на валу испытуемого гидромотора повышая давление в линии нагнетания P до номинального (табл. 5, п. 2), при этом фиксируем следующие значения: давление в линии управления p_y (табл. 5, п. 3), подача гидронасоса Q_H (табл. 5, п. 4), частота вращения гидромотора n^M (табл. 5, п. 5), расход гидромотора Q_M (табл. 5, п. 6), параметры нагружающего устройства (подача $Q_{\text{наг}}$, давление в линии нагнетания $P_{\text{наг}}$, частота вращения $n_{\text{наг}}$ вала реверсивного гидронасоса).

Далее кратковременно, не более 5-10 сек. с помощью гидравлического нагружающего устройства повышаем давление в линиях нагнетания до максимального значения срабатывания клапанов высокого давления P_{max} , МПа. Проверяем их функционирование (табл. 5 п. 7).

8. Контроль косвенных параметров: вибрация, шум, герметичность, повышенный нагрев гидронасоса и гидромотора t_{max} (табл. 2, п. 2), скачки давления в линиях нагнетания и управления. Контроль герметичности осуществляли путем проведения по стыкам корпусных деталей фильтровальной бумагой. Для этого повышается давление дренажа до номинального значения и выдерживается в течение 20 мин. На фильтровальной бумаге допускаются следы масла, не выходящие за пределы полосы шириной до 1,5 мм от кромки бумаги.

9. Заключение о работоспособности испытуемого объемного гидропривода и формирование отчета о результатах испытаний. Определение фактических значений объемного КПД отдельных элементов гидропривода (гидронасоса $\eta_{\text{об}}^H$ и гидромотора $\eta_{\text{об}}^M$) определяем исходя из следующих выражений:

$$\eta_{\text{об}}^H = \frac{1000 \cdot Q_H}{V_g \cdot n^H}, \quad \eta_{\text{об}}^M = \frac{V_g \cdot n^M}{1000 \cdot Q_M}, \quad (1)$$

где Q_H – объемная подача гидронасоса, л/мин; Q_M – расход через гидромотор, л/мин; V_g – рабочий объем, см³/об; n^H – частота вращения вала гидронасоса, об/мин; n^M – частота вращения вала гидромотора, об/мин.

Определение объемного КПД всего гидропривода в целом $\eta_{\text{об}}$ получаем, подставив экспериментальные и теоретические значения подач в выражение (1), (табл. 6, п. 3). Произведение объемных КПД гидромотора и гидронасоса (2) даст объемный КПД всего гидропривода (табл. 6, п. 4).

$$\eta_{\text{об}} = \eta_{\text{об}}^H \cdot \eta_{\text{об}}^M, \quad (2)$$

Крутящий (тормозной) момент, развиваемый испытуемым гидромотором с учетом параметров гидравлического нагружающего устройства, определяем исходя из следующего выражения [6]:

$$M_{\text{кр}} = \frac{Q_{\text{наг}} \cdot 500 \cdot \Delta p_{\text{наг}}}{\pi \cdot n_{\text{наг}} \cdot \eta_{\text{об.наг}} \cdot \eta_{\text{гм.наг}}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{наг}}$ – подача реверсивного насос-мотора, л/мин; $\Delta p_{\text{наг}} = (P_{2 \text{ наг}} - P_{1 \text{ наг}})$ – перепад давлений в гидролиниях реверсивного насос-мотора, МПа; $n_{\text{наг}}$ – частота вращения вала реверсивного насос-мотора, об/мин; $\eta_{\text{об.наг}}$ и $\eta_{\text{гм.наг}}$ – объёмный и гидромеханический КПД реверсивного насос-мотора.

По результатам замеров технических параметров и расчетов делается оценка технического состояния объемного гидропривода: если при номинальной частоте вращения вала гидронасоса и номинальном давлении в линиях нагнетания величины объемных КПД гидропривода не менее значений, представленных в табл. 6 (п. 3,4), то объемный гидропривод считается годным к эксплуатации.

Таблица 6. Значения расчетных параметров отдельных агрегатов и объемного гидропривода в целом

| Порядок испытаний | Требования к производителю и марки объемных гидроприводов | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>PSM-Hydraulics</i> и Гидросила | <i>Sauer-Danfoss</i> | <i>Eaton</i> | <i>Linde</i> | <i>Bosch Rexroth</i> |
| | ГСТ-112 | 90R100 90M100 | 6423-618 6433-113 | HPV105 HMF 105 | AA4VG A2FM |
| <i>Контроль объемного КПД отдельных агрегатов и гидропривода в целом</i> | | | | | |
| 1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n_{ном}^H$, об/мин, не менее | 2000 | 3300 | 3500 | 2900 | 2000 |
| 2. Номинальное давление в линии нагнетания P , МПа, не менее | 27 | 42 | 24,1 | 25 | 40 |
| 3. Объемный КПД гидронасоса $\eta_{об}^H$ и гидромотора $\eta_{об}^M$ не менее | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,95 | 0,95 |
| 4. Объемный КПД гидропривода η_o не менее | 0,90 | 0,92 | 0,92 | 0,90 | 0,90 |
| <i>Контроль крутящего момента на валу испытуемого гидромотора</i> | | | | | |
| 5. Номинальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}^H$, Нм, не менее | 401 | 667 | 449 | 418 | 501 |
| 6. Максимальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}^{max}$, Нм, не менее | 610 | 763 | 656 | 702 | 573 |

Таблица 7. Результаты испытаний объемного гидропривода ГСТ-112

| Параметр диагностирования | Паспортное значение | Фактическое значение нового | Фактическое значение бывшего в эксплуатации |
|--|---------------------|-----------------------------|---|
| <i>Измеряемый</i> | | | |
| Номинальное давление в линии нагнетания, МПа | 27 | 27,2 | 27,1 |
| Объемная подача гидронасоса, л/мин | 212,8 | 210,3 | 170,2 |
| Расход через гидромотор, л/мин | 212,8 | 198,9 | 157,6 |
| Давление в линии управления при отклоненном рычаге сервораспределителя, МПа | 1,45 | 1,39 | 1,15 |
| Давление в линии управления при нейтральном положении рычага управления сервораспределителя, МПа | 1,6 | 1,57 | 1,5 |
| Температура рабочей жидкости в линиях объемного гидропривода, °С | 50±5 | 52±1 | 54±1 |
| Давление в линии нагнетания гидравлического нагружающего устройства, МПа | 20 | 20,3 | 20,5 |
| Подача в линии нагнетания нагружающего гидравлического устройства, л/мин | 224,0 | 223,1 | 148,4 |
| Температура рабочей жидкости в линиях гидравлического нагружающего устройства, °С | 50±5 | 51±2 | 52±1 |
| <i>Расчетный</i> | | | |
| Объемный КПД гидронасоса | 0,95 | 0,939 | 0,76 |
| Объемный КПД гидромотора | 0,95 | 0,920 | 0,71 |
| Общий КПД объемного гидропривода | 0,90 | 0,86 | 0,54 |
| Развиваемый крутящий момент, Н·м | 401 | 395,6 | 357,8 |

10. Демонтируем объемный гидропривод. Представляем отчет о результатах испытаний.

По разработанной методике была проведена серия испытаний по оценке технического состояния объемного гидропривода. В качестве объекта исследований выбран объемный гидропривод ГСТ-112, применяемый в гидросистемах зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов (Дон 1500 Б, 680, 680 М) в количестве 8 новых комплектов и 15 комплектов бывших в эксплуатации (после 4-5 лет эксплуатации). В качестве рабочей жидкости использовалось масло МГЕ-46В ТУ 38.001347-2000.

В табл. 7 представлены усредненные фактические значения результатов испытаний для нового и бывшего в эксплуатации объемного гидропривода ГСТ-112.

На рис. 2 представлен график, который показывает процесс испытаний объемного гидропривода ГСТ-112 в режиме реального времени. Представлено 5 этапов испытания: I – выход гидронасоса на номинальную частоту вращения; II – отклонение люльки качающего узла гидронасоса в максимальное положение, что соответствует максимально возможной подачи (расходу); III – создание нагрузки (тормозного момента) гидравлическим нагружающим устройством на валу гидромотора; IV – определение параметров работоспособности объемного гидропривода; V – завершающий этап испытаний.

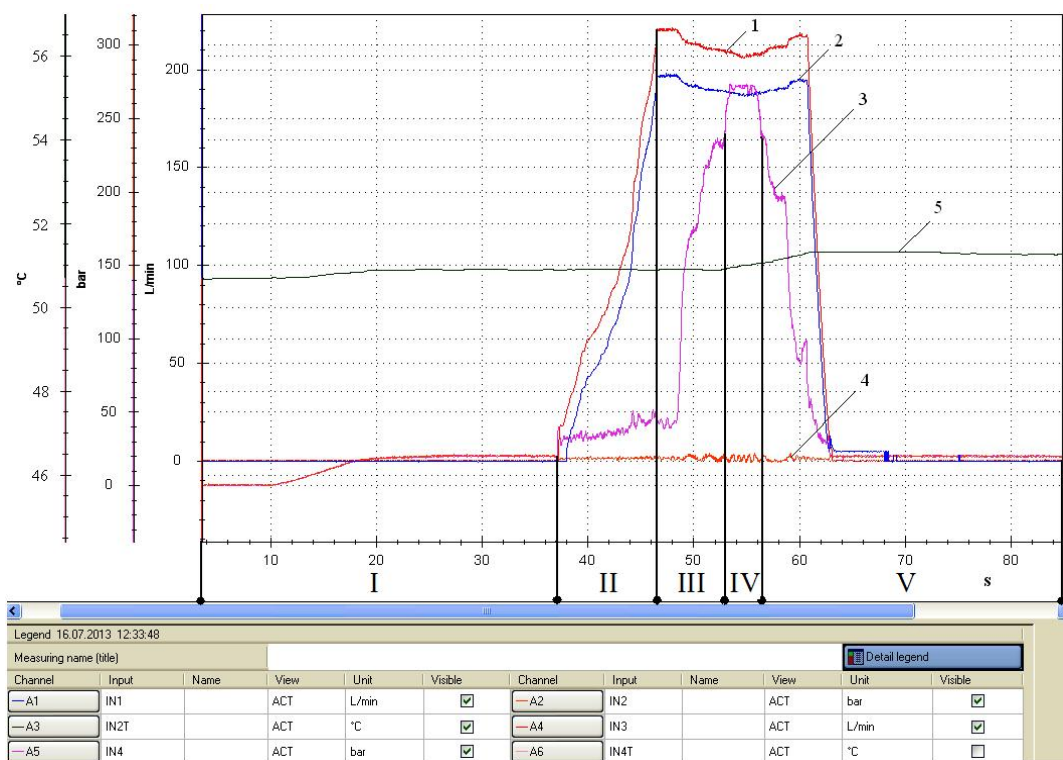


Рис. 2. Результаты испытания объемного гидропривода ГСТ-112: 1 – кривая измерения подачи гидронасоса; 2 – кривая измерения расхода гидромотора; 3 и 4 – кривые измерения давления в линиях нагнетания; 5 – кривая измерения температуры рабочей жидкости в процессе испытания; I – V – этапы испытаний

В результате проведенных испытаний объемного гидропривода ГСТ-112 на стенде с гидравлическим нагружающим устройством по разработанной динамической методике были получены все технические характеристики, регламентированные заводом-изготовителем ОАО «Гидромаш» [7, 8] (табл. 7), что позволяет сделать заключение о работоспособности гидропривода. Проведенные испытания показали высокую эффективность предложенной методики.

Выводы. Таким образом, поставленная цель достигнута. Разработана методика динамической оценки технического состояния объемных гидроприводов, реализующая

методику испытаний заводов-изготовителей в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров. Внедрение разработанной методики и стенда для ее реализации позволит с высокой точностью и достоверностью оценивать техническое состояние объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства.

Литература

1. **Каталог гидравлического оборудования.** ОАО «Пневмостроймашина». – Екатеринбург, 2017. – 52 с.
2. **Mandal S.K., Singh A.K., Verma Y., Dasgupta K.** Performance investigation of hydrostatic transmission system as a function of pump speed and load torque // Journal of The Institution of Engineers (India). – 2012. – №93 (2). – P. 187-193.
3. **Земсков А.М., Ионов П.А., Столяров А.В.** Методики и средства оценки технического состояния объемных гидроприводов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2016. – С. 348-356.
4. **Пьянзов С.В., Ионов П.А.** Объемные гидроприводы, применяемые в трансмиссиях отечественных и зарубежных комбайнов // XLVI Огарёвские чтения. – 2018. – №1. – С. 447-454.
5. **Патент на полезную модель № 2018137976.** Устройство для оценки технического состояния объемных гидроприводов / П.А. Ионов, П.В. Сенин, А.М. Земсков, А.В. Столяров, С.В. Пьянзов. Зарегистрировано 29 октября 2018 г.
6. **Пьянзов С.В., Ионов П.А., Величко С.А., Земсков А.М.** Устройство для оценки технического состояния объемного гидропривода // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 2 (22). – С.15-22.
7. **Сборник методических материалов** по устройству, обслуживанию и ремонту гидростатических трансмиссий ГСТ / ОАО «Гидромаш». – Салават, 2016. – 176 с.
8. **Земсков А.М.** Технология повышения долговечности объемного гидропривода: на примере ГСТ-112: дис. ...канд. техн. наук. – Саранск, 2014. – 295 с.

Literatura

1. **Katalog gidravlicheskogo oborudovaniya.** ОАО «Pnevmostroj mashina». – Ekaterinburg, 2017. – 52 s.
2. **Mandal S.K., Singh A.K., Verma Y., Dasgupta K.** Performance investigation of hydrostatic transmission system as a function of pump speed and load torque // Journal of The Institution of Engineers (India). – 2012. – №93 (2). – P. 187-193.
3. **Zemskov A.M., Ionov P.A., Stolyarov A.V.** Metodiki i sredstva ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya ob"emnyh gidroprivodov // Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy. – 2016. – S. 348-356.
4. **P'yanzov S.V., Ionov P.A.** Ob"emnye gidroprivody, primenyaemye v transmissiyah otechestvennyh i zarubezhnyh kombajnov // XLVI Ogaryovskie chteniya. – 2018. – №1. – S. 447-454.
5. **Patent na poleznuyu model' № 2018137976.** Ustrojstvo dlya ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya ob"emnyh gidroprivodov / P.A. Ionov, P.V. Senin, A.M. Zemskov, A.V. Stolyarov, S.V. P'yanzov. Zaregistrirovano 29 oktyabrya 2018 g.
6. **P'yanzov S.V., Ionov P.A., Velichko S.A., Zemskov A.M.** Ustrojstvo dlya ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya ob"emnogo gidroprivoda // Permskij agrarnyj vestnik. – 2018. – № 2 (22). – S.15-22.
7. **Sbornik metodicheskikh materialov** po ustrojstvu, obsluzhivaniyu i remontu gidrostaticeskikh transmissij GST / ОАО «Gidromash». – Salavat, 2016. – 176 s.
8. **Zemskov A.M.** Tekhnologiya povysheniya dolgovechnosti ob"emnogo gidroprivoda: na primere GST-112: dis. ...kand. tekhn. nauk. – Saransk, 2014. – 295 s.

Канд. техн. наук **В.И. ШАМОНИН**
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
e-mail: shamonin-75@mail.ru)

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРВИЧНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ УСЛОВИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Первичное восстановление плодородия залежных земель является проблемой общегосударственного масштаба. В разное время на различных уровнях были приняты решения о мерах по введению в оборот данных земель, в том числе и для условий органического сельского хозяйства.

Первичное восстановление залежных земель в настоящее время является актуальной задачей, так как введение их в сельскохозяйственный севооборот позволяет увеличить объем производства органической продукции. Учитывая агроклиматические особенности зоны, состояние растительного покрова, тип почвы, ее гранулометрический состав и другие, агрофизические свойства являются определяющими факторами при выборе технологических приемов и машин для первичной обработки залежных земель. Так, при обработке почвы ее уплотнение должно быть предотвращено, а сорные растения уничтожены. Применяемые в настоящее время технические средства не обеспечивают качественное проведение технологических операций по первичному восстановлению залежных земель для условий органического земледелия с наименьшими затратами труда и энергии.

Для выполнения работ по первичному восстановлению залежных земель для условий органического земледелия в различных регионах России разрабатываются и обосновываются зональные технологии и технические средства, отвечающие перспективным показателям качественных, экологических, энергетических и технико-экономических критериев. В Институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) в настоящее время ведутся исследования по разработке технологий и технических средств с новыми рабочими органами для первичного восстановления залежных земель в Северо-Западном регионе РФ (зоне повышенного увлажнения), в том числе для условий органического земледелия [1,2].

Проведенный ранее анализ состояния залежных земель (7 – 8 лет) на экспериментальной базе с учетом засоренности и уплотненности позволил из них выделить 3 категории [3,4]:

1 – поля, заросшие мелкими деревьями, кустарником и многолетними сорными растениями;

2 – поля, заросшие мелким кустарником и многолетними сорными растениями с травостоем более 40 см;

3 – поля, заросшие сорными растениями (пырей ползучий, осот полевой, лютик ползучий, вьюнок полевой, пастушья сумка и т.д.) с высотой травостоя менее 40 см.

Органические методы для борьбы с сорными растениями основаны на механических действиях и процессах их уничтожения на самом раннем этапе проведения, т.е. при первичном восстановлении залежных земель. Данные мероприятия позволяют удерживать количество сорняков на низком уровне, предотвращают распространение их семян. Борьба с сорными растениями в органическом земледелии означает использование таких методов обработки, которые позволяют бороться с корневищами, вынося их из земли на поверхность, где они увядают и засыхают. Рациональный перечень технологических операций и соответствующих технических средств первичного восстановления залежных земель для органического земледелия зависит от следующих условий: состояния, толщины дернины,

плотности и твердости почвы, степени зарастания полей кустарником и мелколесьем, подтопления и переувлажнения [1].

Нами рассмотрены следующие технологии первичного восстановления залежных земель для органического земледелия [3,4]:

– *традиционная технология* – дискование с использованием дисковых борон БДН-3 на глубину 10-12 см (в 2 следа, вдоль-поперек);

– *рекомендуемая технология* – рыхление на глубину 14-15 см универсальным комбинированным почвообрабатывающим агрегатом УКПА-2,4 (в 2 следа, вдоль-поперёк), поверхностная обработка культиватором для предпосевной подготовки почвы КЗН-4,0 (или аналогичным культиватором) после двух–трёх дней высыхания дернины с целью отделения корневищ растений от почвы (в 2 следа, вдоль-поперёк);

– *перспективная (энергосберегающая) технология* – рыхление на глубину 14-15 см универсальным комбинированным почвообрабатывающим агрегатом УКПА-2,4 (в 2 следа, вдоль-поперёк), поверхностная обработка почвообрабатывающим агрегатом УКПА-2,4 с кольцевыми рабочими органами после двух–трёх дней высыхания дернины с целью отделения корневищ растений от почвы (в 1 след).

Исследованиями установлено, что первичное восстановление залежных земель для органического сельского хозяйства необходимо проводить в два этапа. Первый этап включает первичную обработку почвы по разрушению дернины, отделения корневищ сорняков от почвы, их выноса на поверхность, сепарацию верхнего слоя и выравнивание поверхности поля. Второй этап восстановления включает в себя проведение технологических операций, обеспечивающих восстановление плодородия земель посредством проведения вспашки (при необходимости), внесения и заделки органических удобрений.

Цель исследований – повышение эффективности технологий и технических средств первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия путем оптимизации показателей энергосбережения, качества и экологических требований к состоянию почвы для условий органического земледелия.

Задачи исследования:

- дать оценку технологий первичного восстановления залежных земель для условий ведения органического земледелия;

- обосновать рациональную технологию и технические средства для первичного восстановления залежных земель для органического земледелия;

- определить показатели эффективности энергосбережения, качества выполнения технологических процессов и экологических требований к состоянию почвы по результатам исследований.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследования являлись технологии и технические средства восстановления залежных земель для условий органического земледелия. Основная цель работы – это эффективные методы борьбы с сорной растительностью и уплотнением почвы на начальных стадиях обработки почвы.

Предметом исследований являлись показатели эффективности (производительность, погектарный расход топлива, затраты труда, энергоёмкость процессов, качество технологических процессов и экологические требования к состоянию почвы) технических средств и технологий первичного восстановления залежных земель для органического земледелия.

Разработка и экспериментальная проверка технологий и машин для органического земледелия проводилась с применением современных информационно-измерительных систем и расчетов на экспериментально-производственной базе института «Красная Славянка» ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Исследования проводились на полях через 7-8 лет после последней обработки почвы 3-й категории залежных земель.

Показатели оценки качества работы технических средств определялись согласно «Правилам производства механизированных работ». Эксперименты проводились в

следующих условиях: влажность почвы, % – 20-24; травостой, см – 22 – 40; среднее количество растений, шт./м² – 756; тип почвы – дерново-слабоподзолистый; твердость почвы (средняя) до обработки (МПа)/(кг/см²) в слоях: 0-10 см – 1,2/12; 10-20 см – 2,0/20; 20-30 см – 2,5/25. При проведении экспериментальных исследований скорость движения агрегатов в пределах от 1,92 до 3,57 м/с. Глубина обработки почвы при разрушении дерненного слоя составляла 10, 15 и 20 см. Угол атаки α дисковых кольцевых рабочих органов устанавливался на 16°, 20°, 25°. Расход топлива определялся с помощью счетчика DFM 90AP, установленного в топливную систему трактора МТЗ-82.

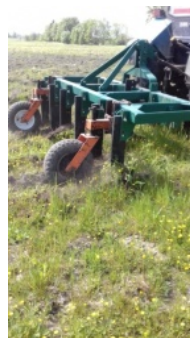
Степень крошения почвы определялась до и после прохода агрегата на контрольных площадках. Пробы отбирались в четырех точках – две по ходу и две на обратном ходе агрегата. В отобранных пробах определяли доли по фракциям (свыше 50 мм, 50-25 мм, 25-10 мм и менее 10 мм). Полученные данные заносились в наблюдательные листы. Фактическую глубину обработки определяли с помощью мерной линейки, число замеров – 30. Твердость, влажность, плотность и агрегатный состав почвы определялись в горизонте 0-20 см. Для определения влажности почвы брали навески почвы из каждого горизонта в пяти точках по диагонали выбранного зачетного участка. Твердость почвы определялась пенетрометром (почвенным твердомером) Dikey-john в местах определения влажности в 3-кратной повторности. Засоренность почвы сорняками определяли на учетных площадках, равномерно расположенных на участке, количественным методом. В исследованиях были произведены расчеты показателей энергоэффективности технологий первичного восстановления залежных земель согласно разработанным ранее методикам [5,6].

Результаты исследования. В результате исследований проведена оценка различных технологий первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия.

Первичная обработка залежных земель в традиционной технологии проводилась с помощью дисковой бороны БДН-3 на глубину 10-12 см. Как видно из рис.1, а, дисковая бороны не обеспечивает равномерность поверхности поля, в стыковых участках образуются борозды глубиной 8-12 см, дернина после обработки дисковой бороной разрушается и переворачивается, часть ее остается закопанной в нижние слои почвы (твердость почвы в обрабатываемом слое неравномерна и составляет 1,2-2 МПа/12-20 кг/см²). Практика показывает, что использование дисковой бороны на начальном этапе работ способствует измельчению стеблей и корневищ сорняков, но в дальнейшем, из-за неполного высыхания дернины, степень отделения сорных растений и их корневищ уменьшается, при этом степень уничтожения сорных растений после обработки уменьшается только на 50-60%. При первичной обработке залежных земель дисковой бороной дернина частично разрушается, а в оставшейся неразрушенной ее части, вследствие улучшения водного и воздушного режима почвы, сорные растения вновь начинают быстро прорастать.



а) состояние агрофона после обработки дисковой бороной на глубину 10-12 см (через 20 дней после обработки, традиционная технология)



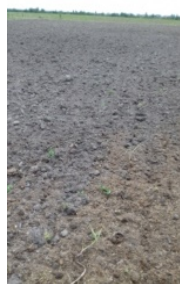
б) безотвальная обработка на глубину 14-15 см почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-920+УКПА-2,4 для глубокого рыхления почвы



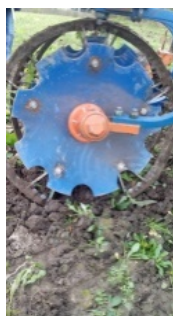
в) состояние агрофона после двух проходов (вдоль-поперёк) почвообрабатывающего агрегата МТЗ-20+УКПА-2,4, переуплотнённая часть поля (рекомендуемая и перспективная технологии)



г) поверхностная обработка почвы на глубину 8-10 см почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-920+КЗН-4 (рекомендуемая технология после одного прохода)



д) состояние участка поля после восстановления (перспективная технология)



е) поверхностная обработка почвы кольцевыми рабочими органами на глубину 5-10 см (перспективная (энергосберегающая) технология)

Рис. 1. Технологии восстановления залежных земель в условиях повышенного увлажнения для органического земледелия

Таким образом, применение дисковой бороны не обеспечивает высыхание дернины, что приводит к быстрому прорастанию сорняков и дальнейшему уплотнению почвы. Поэтому первичная обработка залежных земель дисковыми боронами не дает необходимого эффекта по показателям качества обработки для условий органического земледелия и требует проведения дополнительных энергоёмких операций, таких как, например, вспашка.

В рекомендуемой технологии первичного восстановления залежных земель использовался разработанный в ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ почвообрабатывающий агрегат УКПА-2,4 блочно-модульного типа для глубокой и поверхностной обработки почвы. Для разрушения мощной дернины данный почвообрабатывающий агрегат использовался в варианте для глубокого рыхления почвы с трактором класса 1,4 кН (МТЗ-920) (рис.1,б). После такой обработки в два следа дернина разрушается и разделяется на отдельные части (происходит разуплотнение почвы, твердость составляет 1,2-1,5 МПа/12-15 кг/см²) и при воздействии ветра и солнца высыхает в течение 2-3 дней (рис.1,в). Таким образом, данная операция, используемая для органического земледелия, предотвращает активный рост сорняков на начальной стадии обработки почвы (степень уничтожения сорных растений составляет 75-85%). Последующая обработка поля с применением культиватора КЗН-4 (ВИСХОМ – ИАЭП) с рыхлительной лапой на пружинных стойках и четырех легких планчатых катков только при работе в 2 прохода (вдоль-поперек) (рис.1,г) обеспечивает необходимую сепарацию верхнего слоя почвы, отделение сорных растений и их корневищ от почвы, и их выноса на поверхность, а также выравнивание поверхности поля со значительным улучшением показателей качества обработки по сравнению с традиционной технологией. Основным недостатком применения данных типов культиваторов является 2-кратное его применение, при этом разуплотнение дерненного слоя происходит на среднем уровне, сорные растения начинают прорастать уже после 20 дней обработки.

Перспективная (энергосберегающая) технология показывает, что при первичном восстановлении залежных земель для сепарации верхнего слоя почвы, отделения сорных растений и корневищ от почвы, и их выноса на поверхность, а также выравнивания поверхности поля, необходимо использовать почвообрабатывающий агрегат УКПА-2,4 с кольцевыми рабочими органами. Применение данного агрегата по сравнению с культиватором КЗН-4 за один проход обеспечивает требуемое качество обработки для

органического земледелия (рис.1,д). Агрегат УКПА-2,4 с кольцевыми рабочими органами за один проход выполняет следующие технологические операции: разбивание дернины на части, вырывание сорной растительности, отделение сорняков и их корневой системы от почвы, ее рыхление и выравнивание поверхности поля, а также операцию дискования почвы (при снятии кольца). Кольцевой рабочий орган (рис.1,е) обеспечивает разуплотнение дерненного слоя без оборота пласта на глубину до 5-10 см, сепарацию верхнего слоя почвы и выравнивание поверхности поля. Глубина обработки почвы регулируется изменением угла атаки рабочего органа. Экспериментальные исследования, проведенные по оценке качества работы УКПА-2,4 с кольцевыми рабочими органами, показали, что при увеличении угла атаки с 16° до 25° многооперационных рабочих органов, степень уничтожения сорных растений C_y^c увеличивается на 10-15%. Таким образом, происходит разуплотнение дерненного слоя почвы (твердость почвы составляет 1,2 МПа/12 кг/см²), а многолетние сорные растения в значительной степени погибают (степень уничтожения сорных растений до 100%). На основании экспериментальных данных были установлены зависимости степени рыхления почвы K_o от скорости движения почвообрабатывающего агрегата при изменяющемся угле атаки рабочих органов $\alpha = 16^{\circ}$, $\alpha = 20^{\circ}$ и $\alpha = 25^{\circ}$. Так, в диапазоне изменения скорости движения агрегата от 1,92 до 3,57 м/с при установке угла атаки рабочих органов $\alpha = 16^{\circ}$ среднее значение степени рыхления почвы увеличилось с 78 до 84%. При увеличении рабочей скорости на 1,65 км/ч (6 км/ч) степень рыхления повышается на 2%, а увеличении угла атаки кольцевых рабочих органов на 9° степень рыхления повышается на 8%, что показывает эффективность их применения в технологиях первичного восстановления залежных земель для органического земледелия.

В процессе исследований были произведены расчеты показателей энергоэффективности и оценки качества обработки представленных технологий первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия (табл.).

Таблица. Показатели энергоэффективности и качества технологий первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия

| № | Наименование технологии | Затраты труда, чел.ч/га | Расход топлива, кг/га | Затраты энергии, МДж/га | Качество восстановления земель | Требуемая дополнительная операция |
|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Традиционная | 0,4 | 14,5 | 1035 | Неудовл. | Вспашка |
| 2 | Рекомендуемая | 2,2 | 24,8 | 1689 | Удовл. | Рыхление в 2 следа |
| 3 | Перспективная (энергосберегающая) | 1,8 | 21,4 | 1432 | Хорошее | - |

Экспериментальные исследования показали, что наилучшее качество работы у почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 с кольцевыми рабочими органами, которое соответствует установленным агротехническим требованиям и нормам, предъявляемым к технологическим операциям обработки почвы для условий органического земледелия.

При обработке почвы по традиционной технологии с применением дисковой бороны БДН-3 в агрегате с трактором МТЗ-920 при работе в 2 следа затраты энергии на 1 га наименьшие (1035 МДж/га), однако обработка залежных земель дисковыми боронами не обеспечивает требуемого качества обработки (сорные растения быстро восстанавливаются после проведения операции), и затраты энергии являются неэффективными, требуется дополнительная операция – вспашка, которая увеличивает общие затраты в 2 раза.

При восстановлении залежных земель с использованием рекомендуемой технологии израсходовано 1689 МДж/га, так как требуемое качество работы культиватор КЗН-4

обеспечивает только при работе в два следа, разрушение дернины и прорастание сорной растительности после обработки – на уровне удовлетворительного показателя.

Расчеты показали, что перспективная (энергосберегающая) технология восстановления залежных земель с применением почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 в варианте глубокого рыхления и с кольцевыми рабочими органами составляет 1432 МДж/га (при работе в 1 след) и обеспечивает хорошее качество выполненной работы (разрушение дернины слоя и дальнейшее прорастание сорной растительности после обработки происходит на уровне хорошего показателя) по сравнению с рекомендуемой технологией.

Выводы. Применение перспективной (энергосберегающей) технологии первичного восстановления залежных земель для органического земледелия с применением почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 в варианте глубокого рыхления и с кольцевыми рабочими органами позволяет уменьшить затраты энергии на 257 МДж/га, расхода топлива – на 3,4 кг/га и трудозатраты – на 0,4 чел.-ч/га по сравнению с рекомендуемой технологией, обеспечивает требуемое качество обработки по сравнению с традиционной технологией без дополнительных операций, соблюдая экологические требования к состоянию почвы для условий органического земледелия. Технология позволяет более эффективно бороться с уплотнением почвы и сорной растительностью на начальных стадиях ее обработки.

Литература

1. **Джабборов Н.И., Добринов А.В.** Проблемы восстановления запущенных земель в Северо-Западном регионе России и пути их решения //Международный агроэкологический форум (21-23 мая 2013 г., Санкт-Петербург). – Том 1. – СПб.,2013. – С. 90-96.
2. **Джабборов Н.И., Добринов А.В.** Восстановление залежных земель в условиях повышенного увлажнения //Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 4. – С. 25-28.
3. **Джабборов Н.И., Шамонин В.И.** Сравнительная оценка технологий восстановления залежных земель в условиях повышенного земледелия//Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 3(96). – С.73-84.
4. **Джабборов Н.И., Шамонин В.И., Сергеев А.В.** Энергосберегающая технология восстановления залежных земель //Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4(97). – С.149-159.
5. **Джабборов Н.И.** Вероятностно-статистический метод определения энергоемкости технологических процессов в растениеводстве: методическое пособие/ ТаджикНИИНТИ. – Душанбе, 1992. – С. 42.
6. **Методика энергетического анализа** технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М., 1995. – С.95.

Literatura

1. **Dzhabborov N.I., Dobrinov A.V.** Problemy vosstanovleniya zapushchennyh zemel' v Severo-Zapadnom regione Rossii i puti ih resheniya //Mezhdunarodnyj agroekologicheskij forum (21-23 maya 2013 g., Sankt-Peterburg). – Tom 1. – SPb.,2013. – S. 90-96.
2. **Dzhabborov N.I., Dobrinov A.V.** Vosstanovlenie zaleznyh zemel' v usloviyah povyshennogo uvlazhneniya //Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2015. – № 4. – S. 25-28.
3. **Dzhabborov N.I., SHamonin V.I.** Sravnitel'naya ocenka tekhnologij vosstanovleniya zaleznyh zemel' v usloviyah povyshennogo zemledeliya //Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2018. – № 3(96). – S.73-84.
4. **Dzhabborov N.I., SHamonin V.I., Sergeev A.V.** Energosberegayushchaya tekhnologiya vosstanovleniya zaleznyh zemel' //Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2018. – № 4(97). – S.149-159.

5. **Dzhabborov N.I.** Veroyatnostno-statisticheskij metod opredeleniya energoemkosti tekhnologicheskikh processov v rastenievodstve: metodicheskoe posobie/ TadzhiKNIINTI. – Dushanbe, 1992. – S. 42.
6. **Metodika energeticheskogo analiza** tekhnologicheskikh processov v sel'skohozyajstvennom proizvodstve. – M., 1995. – S.95.

УДК 628.356.1

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12198

Аспирант **М.И. ФАЙЗУЛЛИН**

(ИжГСХА, faizullin12@mail.ru)

Канд. техн. наук, доцент **А.Г. ИВАНОВ**

(ИжГСХА, ivalgen@inbox.ru)

Ст. преподаватель **Ю.Г. КОРЕПАНОВ**

(ИжГСХА, ivalgen@inbox.ru)

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАКРЫТОГО КОМПОСТИРОВАНИЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА МЕТОДОМ ИСКУССТВЕННОЙ АЭРАЦИИ

Для повышения урожайности и плодородия почвы в качестве удобрения (перегноя) используются подстилочный и безподстилочный навоз/помет, который также является важнейшим звеном минерального и органического питания почвы [1]. В Российской Федерации объем отходов животноводства составляет примерно 770 млн м³ в год, эта площадь приблизительно равна половине Московской области. Всего из них используют 30% отходов животноводства для внесения в почву в качестве органического удобрения, а остальное загрязняет окружающую среду. Проблема переработки и утилизации отходов животноводства исключительно актуальна во многих странах мира [2]. Оптимизация метода ускоренной ферментации при компостировании помета, навоза и отходов ТБО с помощью применения установки продувки воздухом является актуальной задачей, так как позволяет снизить энергозатраты, а также ускорить ферментацию, повысив температуру материала и равномерно распределить воздух по всему объему вороха [3]. При этом не требуется ворошить весь объем бурта, а также нет необходимости в покупке дорогостоящей специализированной техники.

Цель исследования – изучить регрессионный анализ на процесс нагрева навозного бурта в результате его искусственной аэрации.

Задачи исследования.

1. Получить расчет коэффициентов регрессии при помощи программы «STATGRAPHIC Plus».
2. Провести исследования для данной зависимости на экстремум и найти оптимальные значения факторов.
3. Научно обосновать предлагаемые технические решения, методы и режимы утилизации и/или переработки отходов.
4. Провести экспериментальные исследования с полнофакторным регрессионным анализом.

Материалы, методы и объекты исследования. Планирование полнофакторного эксперимента согласно общим и частным методикам, статистическая обработка результатов, регрессионный анализ.

Результаты исследования. В сельском хозяйстве всегда остро стояла проблема утилизации отходов животноводческих ферм, так как навоз является веществом повышенной опасности (II-III класс опасности), оказывающим негативное и патогенное воздействие на

окружающую среду [4]. Благодаря «необязательности» исполнения норм экологического законодательства до недавнего времени эта проблема оставалась нерешенной, закрывали глаза, не проводились дорогостоящие мероприятия, позволяющие нивелировать вредное воздействие на окружающую среду (компостирование, ферментация, сушка и т.д.) [5]. Однако ужесточение экологического законодательства, повышенное внимание руководства страны к снижению загрязнений вынуждают сельхозтоваропроизводителей заниматься поиском эффективных и экономически выгодных технологий утилизации и переработки навоза.

Известен перспективный метод компостирования с ускоренной аэробной ферментацией [4, 6].

Обеспечение внутренних объёмов навозного бурта кислородом обеспечивает ускоренное развитие аэробных бактерий, в процессе жизнедеятельности которых происходит интенсивное нагревание продукта, вплоть до температур 60–70 °С. За счёт этого уничтожается болезнетворная микрофлора и самообеззараживание навоза в течение 1...2 месяцев. За счёт этого не требуется ворошить весь объём бурта, а также нет необходимости в закупке дорогостоящей специализированной техники.

Для этого нами предлагается установка ускоренного компостирования (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид установки для искусственной аэрации навоза

Лабораторная установка представляет собой компрессор, при помощи которого сквозь толщу навоза нагнетается воздух. Это приводит к развитию аэробных и термофильных бактерий, нагреванию навоза внутри бурта и ускоренной ферментации.

Использовался свежий подстилочный навоз крупного рогатого скота (соломонавозная смесь). После закладки навоза в ящики, снимаются показатели температуры. Предложена схема расположения контрольных точек для съёма показателей температуры на каждом уровне, а также разработана матрица планирования эксперимента, интервалы и уровни варьирования факторов [7].

В качестве управляемых факторов, влияющих на процесс ферментации навоза, были выбраны влажность исходного навоза (соломонавозной смеси) W (%), число обработок в сутки N_1 и число обработок в неделю N_2 .

Затем произвели обработку экспериментальных данных при помощи регрессионного анализа.

Расчет коэффициентов регрессии осуществляется при помощи программы «STATGRAPHIC Plus». В результате расчета коэффициентов получена математическая модель в закодированном виде, связывающая влияние трех факторов на точность обработки навоза воздухом. Уравнение математической модели имеет следующий вид:

$$T = 61,5268 + 5,66725X_1 + 3,14237X_2 + 4,73534X_3 - 2,36668X_1^2 - 1,70949X_1X_2 - 0,888705X_1X_3 - 3,8031X_2^2 - 10,3457X_2X_3 - 4,79858X_3^2$$

С помощью программы «STATGRAPHIC Plus» получены графики функциональной зависимости коэффициента точности обработки навоза воздухом от факторов (рис. 2) и графические изображения поверхности откликов, изображающие зависимость между критерием оптимизации и двумя независимыми переменными $T = f(X_1, X_2)$, $T = f(X_2, X_3)$, $T = f(X_1, X_3)$.

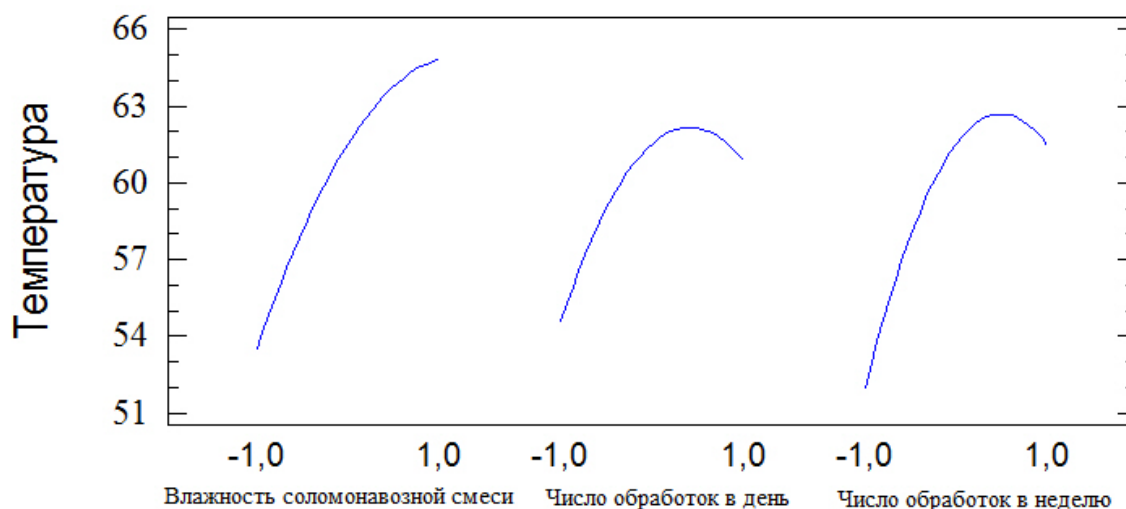


Рис.2. График функциональной зависимости температуры навоза от факторов

Графические изображения поверхности откликов, переставленные на рис. 3, изображают зависимость между критерием оптимизации и двумя независимыми переменными $T = f(X_1, X_2)$, $T = f(X_2, X_3)$, $T = f(X_1, X_3)$.

Для определения численных значений закодированных факторов, обеспечивающих наиболее высокую точность обработки навоза воздухом, составлена система дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial T}{\partial X_1} = 5,66725 - 4,73336X_1 - 1,70949X_2 - 0,888705X_3;$$

$$\frac{\partial T}{\partial X_2} = 3,14237 - 1,70949X_1 - 7,6062X_2 - 10,3457X_3;$$

$$\frac{\partial T}{\partial X_3} = 4,73534 - 0,888705X_1 - 10,3457X_2 - 9,59716X_3.$$

Найдены стационарные точки функции. Для этого частные производные приравняли к нулю и, решив систему уравнений относительно неизвестных, были определены следующие значения точки M_0 :

$$\frac{\partial^2 T}{\partial X_1^2} = -4,73336; \frac{\partial^2 T}{\partial X_1 \partial X_2} = -1,70949; \frac{\partial^2 T}{\partial X_1 \partial X_3} = -0,888705;$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial X_2^2} = -7,6062; \frac{\partial^2 T}{\partial X_2 \partial X_3} = -10,3457; \frac{\partial^2 T}{\partial X_3^2} = -9,59716.$$

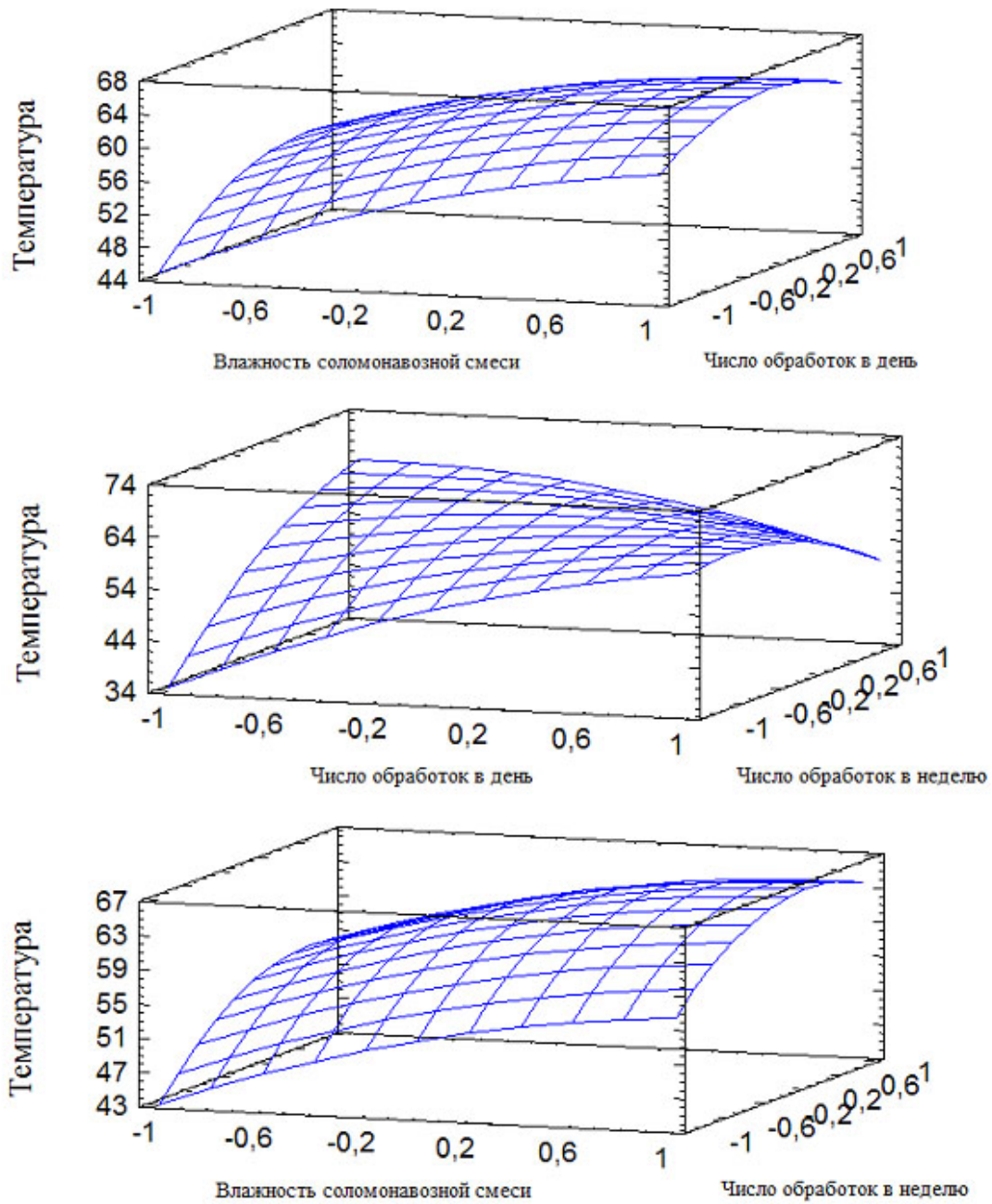


Рис. 3. Графическое отображение поверхностей отклика

Для проверки достаточного условия экстремума была построена матрица Гессе, состоящая из производных второго порядка уравнения регрессии:

$$H = \begin{pmatrix} T''_{x_1x_1}(M_0) & T''_{x_1x_2}(M_0) & T''_{x_1x_3}(M_0) \\ T''_{x_2x_1}(M_0) & T''_{x_2x_2}(M_0) & T''_{x_2x_3}(M_0) \\ T''_{x_3x_1}(M_0) & T''_{x_3x_2}(M_0) & T''_{x_3x_3}(M_0) \end{pmatrix}$$

Угловые миноры:

$$\delta_1 = T''_{x_1x_1}(M_0), \quad \delta_2 = \begin{vmatrix} T''_{x_1x_1}(M_0) & T''_{x_1x_2}(M_0) \\ T''_{x_2x_1}(M_0) & T''_{x_2x_2}(M_0) \end{vmatrix}, \quad \delta_3 = \begin{vmatrix} T''_{x_1x_1}(M_0) & T''_{x_1x_2}(M_0) & T''_{x_1x_3}(M_0) \\ T''_{x_2x_1}(M_0) & T''_{x_2x_2}(M_0) & T''_{x_2x_3}(M_0) \\ T''_{x_3x_1}(M_0) & T''_{x_3x_2}(M_0) & T''_{x_3x_3}(M_0) \end{vmatrix}$$

имеют следующие знаки: $\delta_1 < 0$, $\delta_2 > 0$, $\delta_3 > 0$. Таким образом рациональное сочетание факторов M_0 в седловой точке.

Из анализа полученных данных следует, что значения $X_1 = 1,0$; $X_2 = -1,0$; $X_3 = 1,0$.

Выводы.

Анализ проблемы утилизации навоза / помета сельскохозяйственных животных показал, что перспективными являются исследования совместного использования технологии ускоренного буртового компостирования соломонавозных смесей совместно с искусственной аэрацией толщи навозного бурта. С этой целью в ходе экспериментов согласно представленной методики было получено уравнение регрессии, описывающее зависимость температуры навоза (соломонавозной смеси) при искусственной аэрации от трех факторов: относительной влажности, числа обработки в день и числа обработки в неделю. Для данной зависимости проведены исследования на экстремум и найдены рациональные значения факторов.

Таким образом, в процессе компостирования необходимо обеспечить наиболее высокую влажность соломонавозной смеси $W = 85 - 90 \%$, так как для жизнедеятельности микроорганизмов необходимо больше влаги. Для оптимизации применения этой технологии следует предусмотреть возможность орошения навозного бурта, например, жидкой фракцией навоза. Также следует придерживаться минимума обработок навоза воздухом в сутки (однократное воздействие) и большего количества обработок навоза воздухом в неделю.

Литература

1. **Rob van Haaren Large scale aerobic composting of source separated organic wastes: A comparative study of environmental impacts, costs, and contextual effects.** / Rob van Haaren. – Columbia: Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation of Engineering and Applied Science Columbia University, 2009. – 71 с.
2. **Шигапов И.И., Полякова Ю.В.** Современные технологий уборки и переработки жидкого навоза // Достижения техники и технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Почетного работника высшего профессионального образования, Академика РАН, доктора техн. наук, проф. В.Г. Артемьева; ответ. редактор Ю.М. Исаев. / ИжГСХА. – Ижевск. – 2018. – С. 248-254.
3. **Мохов А.А.** Обоснование параметров быстроходного конвейера машины для перемешивания и подачи компоста с дистанционным управлением // АгроЭкоИнфо. – 2018. – №1(31). – С. 33.
4. **Файзуллин М.И.** Особенности распределения поля температур в толще навоза при обработке его воздухом // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых учёных-исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции (24-27 октября 2017 года): [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 258-263.
5. **Мохов А.А., Шакиров Р.Р.** Планирование и анализ результатов экспериментального исследования работы машины для приготовления компоста: материалы Международной научно-практической конференции; В 3 томах / ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – 2018. – С. 65-70.
6. **Иванов А.Г.** Перспективная технология утилизации навоза методом ускоренной ферментации // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции; В 3-х томах / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – 2017. – С. 77-82.
7. **Файзуллин М.И.** Планирование и анализ результатов полнофакторного эксперимента по обработке навоза воздухом // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: материалы Международной науч.-практ. конф. / В 3-х томах. (13-16 февраля 2018 года). – Ижевск, 2018. – С. 185-191.

Literatura

1. **Rob van Haaren** Large scale aerobic composting of source separated organic wastes: A comparative study of environmental impacts, costs, and contextual effects. / Rob van Haaren. – Columbia: Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation of Engineering and Applied Science Columbia University, 2009. – 71 s.
2. **SHigapov I.I., Polyakova YU.V.** Sovremennye tekhnologii uborki i pererabotki zhidkogo navoza // Dostizheniya tekhniki i tekhnologii v APK: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya, Akademika RAE, doktora tekhn. nauk, prof. V.G. Artem'eva; otvet. redaktor YU.M. Isaev. / IzhGSKHA. – Izhevsk. – 2018. – S. 248-254.
3. **Mohov A.A.** Obosnovanie parametrov bystrohodnogo konvejera mashiny dlya peremeshivaniya i podachi komposta s distancionnym upravleniem // AgroEkoInfo. – 2018. – №1(31). – S. 33.
4. **Fajzullin M.I.** Osobennosti raspredeleniya polya temperatur v tolshe navoza pri obrabotke ego vozduhom // Innovacionnyj potencial sel'skohozyajstvennoj nauki XXI veka: vklad molodyh uchyonyh-issledovatelej: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (24-27 oktyabrya 2017 goda): [Elektronnyj resurs] / FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. – S. 258-263.
5. **Mohov A.A., SHakirov R.R.** Planirovanie i analiz rezul'tatov eksperimental'nogo issledovaniya raboty mashiny dlya prigotovleniya komposta: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii; V 3 tomah / FGBOU VO Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. – 2018. – S. 65-70.
6. **Ivanov A.G.** Perspektivnaya tekhnologiya utilizacii navoza metodom uskorennoj fermentacii // Nauchno obosnovannye tekhnologii intensivizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii; V 3-h tomah / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii; Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». – 2017. – S. 77-82.
7. **Fajzullin M.I.** Planirovanie i analiz rezul'tatov polnofaktornogo eksperimenta po obrabotke navoza vozduhom // Innovacionnye tekhnologii dlya realizacii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo hozyajstva: materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prak. konf. / V 3-h tomah. (13-16 fevralya 2018 goda). – Izhevsk, 2018. – S. 185-191.

УДК 621.3.095.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-12203

Канд. техн. наук **Е.А. ЛОГАЧЕВА**
(ФГБОУ ВО СГАУ, elena.logacheva2010@yandex.ru)

Канд. техн. наук **В.Г. ЖДАНОВ**
(ФГБОУ ВО СГАУ, jdanov.valery@yandex.ru)

Канд. техн. наук **В.И. ЗОБНИН**
(ФГБОУ ВО СПБГАУ, zobaik@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СВЧ- ТЕХНОЛОГИЙ

Стремительный рост населения планеты постоянно требует увеличения производства продовольствия. По прогнозам Организации Объединенных Наций население планеты к 2050 году достигнет 9 миллиардов человек. Постоянно растущий спрос на продукты питания заставляет трансформироваться существующее сельское хозяйство. В настоящий момент для успешно конкурирующего сельскохозяйственного производства уже недостаточно привычных ресурсов, то есть земли и воды. Эффективное производство предполагает

большее количество продукции, произведенное при использовании меньших ресурсов, то есть необходимы новые технологии.

Обостряющийся дефицит энергетических ресурсов одновременно с неизбежным появлением новых технологий влекут за собой серьезные качественные изменения в использовании электрической энергии. Доля электроэнергии, затрачиваемой на тепловые процессы, должна постоянно снижаться. С этой целью разрабатываются передовые технологии, использующие электромагнитные поля различной частоты. Предлагается использование СВЧ-энергии (сверхвысокой частоты) в растениеводстве для обработки семян различных сельскохозяйственных культур перед посевом, для борьбы с сорняками, для обеззараживания тепличного грунта, для сушки чая и целебных трав, в животноводстве – для лечения животных, стимуляции молокоотдачи и т.д. Возможно использование СВЧ-нагрева в переработке сельскохозяйственной продукции [1].

Технологически предлагаемые методы достаточно хорошо проработаны. Неизученным остается вопрос безопасной работы людей, обслуживающих технологические линии. Эксплуатацию СВЧ-установки нельзя свести только к соблюдению правил электробезопасности. По сравнению с традиционным технологическим тепловым оборудованием СВЧ-установки требуют от персонала дополнительных знаний, умений и навыков.

Государственная политика России в области охраны труда определяется основным принципом «признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятия» [2]. Устанавливается право каждого человека иметь рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов, которые могут вызвать производственную травму, профессиональное заболевание или снижение работоспособности. При этом «разработка и выпуск средств производства, внедрение технологий, не отвечающих требованиям по охране труда, не допускается».

Цель исследования – оценка опасности сельскохозяйственных СВЧ-технологий и разработка мер по ее снижению.

Материалы, методы и объекты исследования. Электромагнитные волны предсказаны Максвеллом в 1873 г. и экспериментально обнаружены Герцем в 1888 г. В 1926 году В.И. Вернадский писал: «Кругом нас, в нас самих, всюду и везде, без перерыва, вечно сменяясь, совпадая и сталкиваясь, идут излучения различной волны... Мы начинаем сознавать их разнообразие, понимать отрывочность и неполноту наших представлений об окружающем и проникающем нас в биосфере мире излучений, об их основном значении в окружающих нас процессах» [3].

Живые организмы все время своего существования подвергались воздействию электромагнитных волн. Источниками электромагнитного излучения являются все космические тела, в первую очередь, Солнце, и электрические процессы, происходящие в атмосфере. Огромное влияние на живые организмы оказывает собственное статическое и магнитное поле Земли.

В свою очередь, все живые объекты являются источниками электромагнитных колебаний в широком диапазоне частот, так как любой живой организм состоит из множества клеток, каждая из которых содержит атомы, молекулы, заряженные частицы.

Научный прогресс привел к широкому использованию на практике самых различных волновых процессов. Человек создал и развивает мощную промышленность. Повседневная жизнь «пропитана электричеством». Огромное количество устройств и приборов вошли в наш обиход. Радиовещание, телевидение, радионавигация воспринимаются как простые и очевидные явления.

Именно поэтому люди все чаще задаются вопросами безопасного существования, поиском компромисса между комфортом современной жизни и необходимостью сохранять естественный «электромагнитный фон» окружающей среды [4].

Объект исследования – технологические процессы и оборудование СВЧ, используемое в агропромышленном производстве, а именно: плотность потока энергии на рабочем месте оператора, обслуживающего установку по предпосевной обработке семян; коэффициенты отражения различных сельскохозяйственных материалов.

Экспериментальные исследования проводились в конце 90-х в агротехнической фирме «Лето» Ленинградской области, НИИ ВМФ, на кафедре охраны труда СПбГАУ. Работа возобновлена и продолжается на электроэнергетическом факультете Ставропольского ГАУ.

Диэлектрический нагрев основан на смещении зарядов и связанных с ними молекул при воздействии на вещество переменного электромагнитного поля. Теория Максвелла представляет электромагнитное поле как неразрывное взаимодействие двух составляющих – электрической E (В/м) и магнитной H (А/м). То есть электромагнитную волну можно представить, как объемную модель, где две плоские монохроматические волн одной и той же частоты, линейно поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях, распространяются в одном направлении [1, 4].

В технологическом процессе необходимо учитывать энергетические свойства электромагнитной волны. Для разработчиков важно значение энергии, которую переносит волна за единицу времени через единицу площади поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению распространения волны. Попадая на границу раздела двух сред, часть электромагнитной волны отражается, а часть, преломляясь, переходит во вторую среду. Отношение интенсивностей отраженной и падающей волн называют коэффициентом отражения. Возможно как полное отражение волны, так и полное прохождение волны. Тип волны во многом определяется конструкцией элементов СВЧ-установки.

Для создания безопасных условий труда человека, управляющего данным технологическим процессом, важны не только энергетические свойства электромагнитного поля, но и его конфигурация. Анализ высокочастотного оборудования предлагаемых технологий осуществлялся по следующим классификационным признакам [4, 5].

Во-первых, СВЧ-технологии можно классифицировать по мощности СВЧ-генератора.

Во-вторых, степень опасности зависит от стационарного или мобильного исполнения СВЧ-установки.

В-третьих, классификацию можно провести по конструктивному исполнению устройства ввода энергии, которые могут быть такими как: открытый конец волновода, рупор, усеченный рупор, усеченный волновод, щель в металлическом экране и т.д. (рис. 1).

В-четвертых, при оценке степени опасности СВЧ-технологии важно такое свойство, как имеется ли непосредственный контакт устройства ввода энергии с обрабатываемым материалом или обработка ведется через слой воздуха (рис. 2).

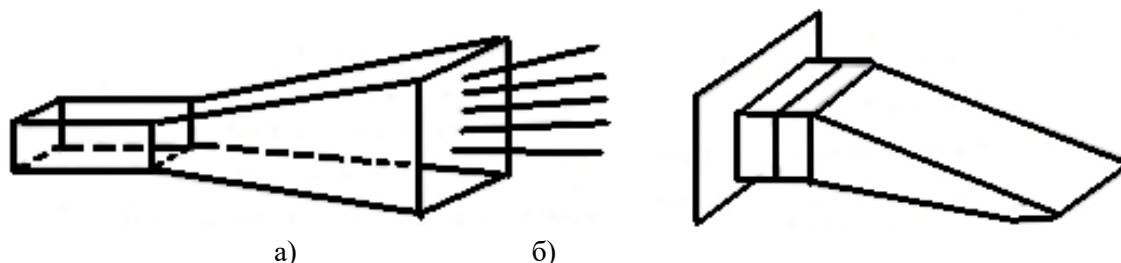


Рис. 1. Устройства ввода энергии: а - пирамидальный рупорный излучатель, б – излучатель усеченный волновод

СВЧ-установки по потенциальной опасности, создаваемой для обслуживающего персонала, классифицируем следующим образом (рис. 3).

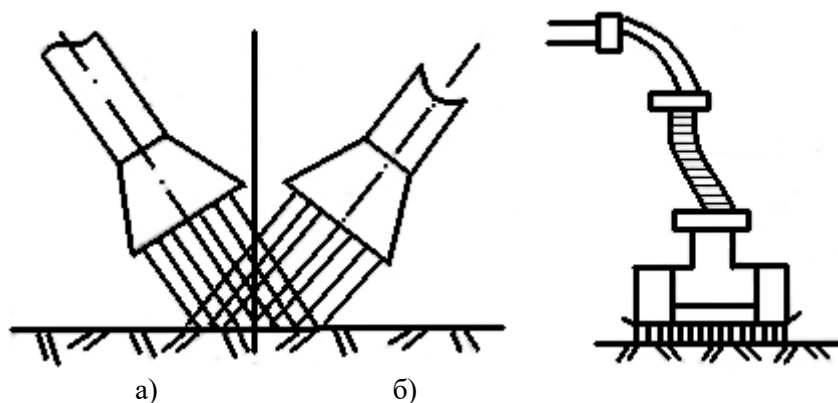


Рис. 2. Наличие или отсутствие воздушного зазора между устройством ввода энергии и обрабатываемым материалом: а – слой воздуха, б – непосредственный контакт



Рис. 3. Классификация СВЧ-установок

Программа исследования. Очевиден тот факт, что только самые простые установки могут служить примером для рассмотрения какого-либо одного классификационного признака. С целью экспериментальной проверки действия представленной классификации проведены экспериментальные исследования по следующей программе:

- изучение параметров электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ);
- получение частотных характеристик коэффициентов стоячей волны (КСВ) различных сельскохозяйственных материалов;
- получение значений коэффициентов отражения Γ разнообразных сельскохозяйственных материалов при различной влажности образца.

Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов производилось на измерителе КСВ панорамном Р2-42, предназначенном для панорамного отображения на экране осциллографа и измерения значений КСВ. Диапазон рабочих частот

от 2,29 до 6,14 ГГц, сечение волноводного тракта 48 x 24 мм. Структурная схема измерения КСВ представлена на рис. 4.

В основе работы измерителя КСВ лежит работа рефлектометра. Рефлектометр выделяет сигналы волны, падающей от генератора, и волны, отраженной от измеряемого объекта. Два направленных детектора, включенных последовательно, осуществляют раздельное выделение сигналов.

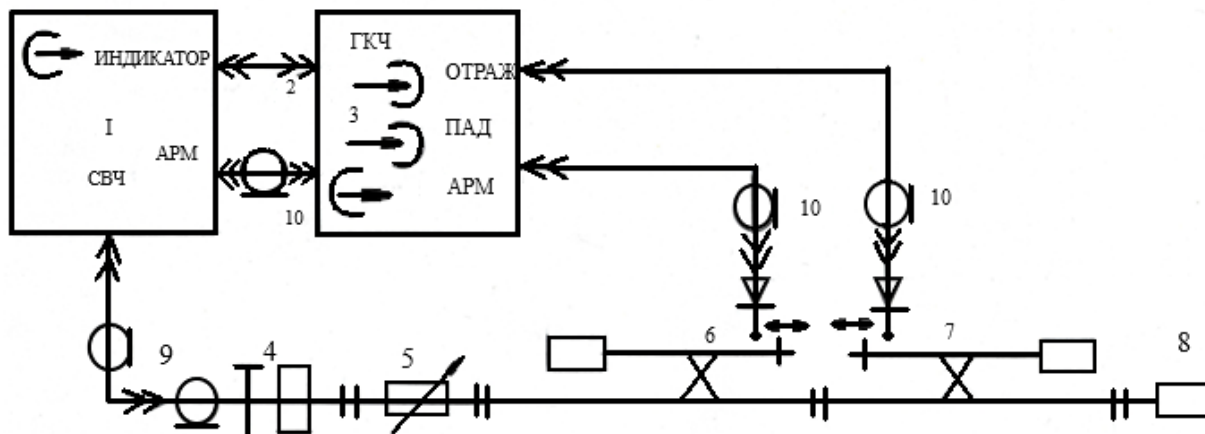


Рис. 4. Структурная схема измерения КСВ: 1 – генератор качающейся частоты, 2 – кабель, 3 – индикатор Я2Р-67, 4 – коаксиально-волноводный переход, 5 – аттенюатор, 6 - детектор направленный «падающая», 7 - детектор направленный «отраженная», 8 – измеряемый объект, 9,10 – кабели соединительные

У каждого образца (семян пшеницы, ячменя, сои, кукурузы, гороха, чая, цикория, сухофруктов и т.д.) изменялась влажность (10, 20, 30%), на всем частотном диапазоне с шагом 500 МГц определялся КСВ в единицах КСВ, по известным выражениям рассчитывался коэффициент отражения Г.

$$КСВ = \frac{1+|\Gamma|^2}{1-|\Gamma|^2} \quad (1)$$

Результаты исследования. В результате проведенных экспериментальных исследований получены зависимости КСВ целого ряда сельскохозяйственных материалов при различной влажности образцов в диапазоне частот от 2290 до 6140 МГц, которые приведены на рис. 5.

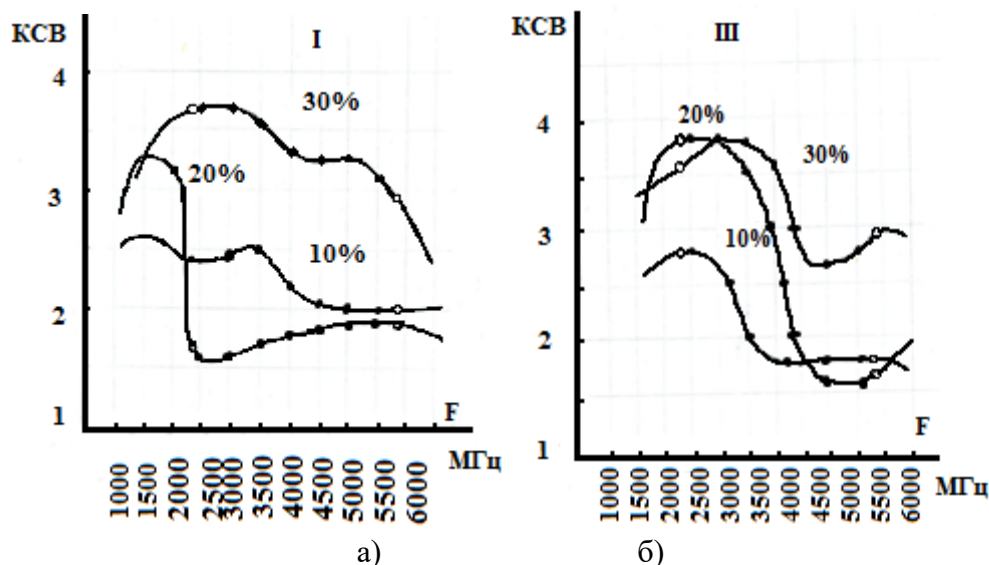


Рис. 5. Кривые зависимостей КСВ образцов сельскохозяйственных материалов: а - кукуруза; б – горох

Соответствующие количественные изменения коэффициента стоячей волны КСВ и отражения Γ семян подсолнечника, измеренные в панорамном режиме при различной влажности образцов, приведены в таблице.

Таблица. Коэффициенты стоячей волны КСВ и отражения Γ семян подсолнечника, измеренные в панорамном режиме

| Исследуемый материал | Семена подсолнечника | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|
| | 2000 | | 2500 | | 3000 | | 3500 | | 4000 | | 4500 | | 5000 | |
| Частота, МГц | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ |
| Исследуемые характеристики (КСВ, Γ) | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ | КСВ | Γ |
| Влажность образца 10% | 2.3 | 0.62 | 2.4 | 0.64 | 1.3 | 0.36 | 2.0 | 0.57 | 2.0 | 0.57 | 1.6 | 0.48 | 1.5 | 0.46 |
| Влажность образца 20% | 3.2 | 0.72 | 2.9 | 0.69 | 2.8 | 0.68 | 3.0 | 0.70 | 3.25 | 0.72 | 3.35 | 0.73 | 3.0 | 0.70 |
| Влажность образца 30% | 4.8 | 0.80 | 4.7 | 0.80 | 3.1 | 0.71 | 2.8 | 0.68 | 2.75 | 0.68 | 2.8 | 0.68 | 3.1 | 0.71 |

Выводы:

1. Приведенная классификация СВЧ-технологий показывает, что к использованию в сельском хозяйстве предлагается наиболее опасный вариант с открытым излучающим устройством.

2. Установленные частотные зависимости большого ряда образцов различных сельскохозяйственных материалов при различных влажностях образца показали значительное снижение коэффициентов отражения при самой низкой влажности. Поэтому, с позиции безопасности, наиболее предпочтительной является обработка материалов ЭМП СВЧ в сочетании с традиционной сушкой [4, 5].

3. Экспериментальные исследования частотных характеристик сельскохозяйственных материалов в диапазоне частот от 2290 МГц до 6140 МГц показали, что из двух частот, разрешенных к использованию (2450 МГц, 5800 МГц), более безопасной является 5800 МГц [4, 5, 6].

Исследование процессов формирования электромагнитных полей необходимы для определения безопасных условий труда людей. Результаты проведенных исследований могут быть использованы в основных направлениях: в нормировании, то есть определении параметров действующего фактора, его предельно допустимых значений; в контроле действующего опасного фактора; в разработке защитных мероприятий [4-7].

Литература

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991. – 270 с.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
3. Изаков Ф.Я. Основные направления научных исследований по применению сверхвысокочастотной энергии в сельском хозяйстве // Применение энергии высоких и сверхвысоких частот в технологических процессах с.-х. производства: сб. научных трудов. – Челябинск, 1983. – С.5-9.

4. **Логачева Е.А., Жданов В.Г.** Электромагнитная безопасность производственного оборудования // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. научных трудов по мат. 74-й науч.-практ. конф. электроэнергетического факультета СтГАУ (г. Ставрополь, 2010 г.). – Ставрополь, 2010. – С. 120-122.
5. **Логачева Е.А., Жданов В.Г.** Так ли безопасны экологически чистые СВЧ-установки? Сельский механизатор. – 2012. – № 5. – С. 26-27.
6. **Atanov I.V., Mastepanenko M.A., Ivashina A.V., Zhdanov V.G., Logacheva E.A., Avdeeva V.N.** Seed treatment by pulsed electric field before sowing/Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. T. 7. № 6. С. 1664-1671.
7. **Изаков Ф.Я., Матвеев Б.А.** К расчету поля в рупорном сверхвысокочастотном излучателе // Применение энергии высоких и сверхвысоких частот в технологических процессах с.-х. производства.: сб. научных трудов. – Челябинск, 1983. – С.9-15.

Literatura

1. **Vernadskij V.I.** Nauchnaya mysl' kak planetnoe yavlenie. – М.: Nauka, 1991. – 270 s.
2. **Trudovoj kodeks Rossijskoj Federacii ot 30.12.2001 № 197-FZ** (red. ot 01.04.2019).
3. **Izakov F.YA.** Osnovnye napravleniya nauchnyh issledovanij po primeneniyu sverhvysochastotnoj energii v sel'kom hozyajstve // Primenenie energii vysokih i sverhvysokih chastot v tekhnologicheskikh processah s.-h. proizvodstva: sb. nauchnyh trudov. – CHelyabinsk, 1983. – S.5-9.
4. **Logacheva E.A., Zhdanov V.G.** Elektromagnitnaya bezopasnost' proizvodstvennogo oborudovaniya // Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom hozyajstve: sb. nauchnyh trudov po mat. 74-y nach.-prakt. konf. elektroenergeticheskogo fakul'teta StGAU (g. Stavropol', 2010 g.). – Stavropol', 2010. – S. 120-122.
5. **Logacheva E.A., Zhdanov V.G.** Tak li bezopasny ekologicheski chistye SVCH-ustanovki? Sel'skij mekhanizator. – 2012. – № 5. – S. 26-27.
6. **Atanov I.V., Mastepanenko M.A., Ivashina A.V., Zhdanov V.G., Logacheva E.A., Avdeeva V.N.** Seed treatment by pulsed electric field before sowing/Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. T. 7. № 6. S. 1664-1671.
7. **Izakov F.YA., Matveev B.A.** K raschetu polya v rupornom sverhvysochastotnom izluchatele // Primenenie energii vysokih i sverhvysokih chastot v tekhnologicheskikh processah s.-h. proizvodstva.: sb. nauchnyh trudov. – CHelyabinsk, 1983. – S.9-15.

С. 11

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК *NIGELLA SATIVA*
В УСЛОВИЯХ СИРИИ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Доктор биологических наук **Н.М. НАЙДА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: nayda.nad@yandex.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Кандидат биологических наук **М.С. ШЛАШ**
(Сирийская Арабская Республика)

Ключевые слова: фенологические фазы, плод, листовка, морфологические признаки, продуктивность, урожайность

Чернушка посевная *Nigella sativa* L. – однолетнее травянистое растение, высотой до 50 см. Семена чернушки имеют мускатный запах и острый вкус, поэтому чернушку издавна возделывали как пряность. Семена чернушки содержат жирное и эфирное масла.

Целью наших исследований было проведение сравнительной оценки особенностей роста и развития чернушки в условиях Сирии и Ленинградской области. Объектом исследования была чернушка посевная – образец культурной популяции из Сирии. Изучение проводили на севере Сирии в 1998-2000 гг. и в Ленинградской области в 2009-2018 гг.

Сравнительный анализ наступления и прохождения фенологических фаз развития чернушки в разных условиях показал, что в Сирии общая длительность межфазного периода от посева до конца плодоношения составляет 120-125 дней. Семена созревают в апреле-мае. В условиях Ленинградской области полный жизненный цикл чернушка проходит за 140-145 дней, семена созревают в конце сентября.

Количественные показатели морфологических признаков и продуктивности растений чернушки в условиях Сирии и Ленинградской области различались в сильной степени. Урожайность семян в Сирии составляла 640,9-670,0 кг/га, в Ленинградской области – 140-160 кг/га. Наши исследования показали, что в Ленинградской области чернушку посевную можно выращивать как пряно-вкусовое, жиромасличное, нектароносное, пыльценозное и декоративное растение.

Р. 11

**COMPARATIVE EVALUATION OF BIOLOGICAL AND MORPHOMETRIC
CHARACTERISTICS OF *NIGELLA SATIVA* IN THE IN ENVIRONMENTAL CONDITIONS
OF SYRIA AND THE LENINGRAD REGION**

Doctor of Biological Sciences **N.M. NAYDA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: nayda.nad@yandex.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Candidate of Biological Sciences **M.S. SHLASH**
(Syrian Arab Republic)

Keywords: phenological phases, fruit, leaflet, morphological features, productivity, yield

Nigella sativa L. is an annual herbaceous plant up to 50 cm high. *Nigella* seeds have a nutmeg smell and a pungent taste; therefore, *Nigella* has long been cultivated as a spice. *Nigella* seeds contain both fat and essential oils.

The purpose of our research was to conduct a comparative assessment of the growth and development features of *Nigella* in the conditions of Syria and the Leningrad region. The object of the study

was the *Nigella* seed sample of the cultural population from Syria. The study was carried out in the north of Syria in 1998-2000 and in the Leningrad region in 2009-2018.

A comparative analysis of the onset and passage of phenological phases of naggng development under different conditions showed that in Syria the total duration of the interfacial period from sowing to the end of fruiting is 120-125 days. Seeds ripen in April-May. Under the conditions of the Leningrad Region, the life cycle takes 140-145 days, the seeds ripen at the end of September.

The quantitative indices of morphological traits and plant productivity of *Nigella* plants in the conditions of Syria and the Leningrad Region differed to a great extent. The seed yield in Syria was 640.9-670, in the Leningrad region - 140-160 kg / ha. Our research has shown that in the Leningrad region *Nigella* plant can be grown as a spicy-flavoring, fat-oil, nectariferous, polleniferous and ornamental plant.

C. 16

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЕКЦИИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Старший научный сотрудник **Т.Н. РАДЮКЕВИЧ**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», e-mail: lenniish@mail.ru)

Ведущий научный сотрудник **Л.М. БОНДАРЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», e-mail: lenniish@mail.ru)
188338, Российская Федерация, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1

Научный сотрудник **Н.М. ЛАШИНА**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», e-mail: nlashina@mail.ru)

196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

Ключевые слова: яровой ячмень, коллекция, селекция, скороспелость, устойчивость к полеганию, устойчивость к болезням

Зерновые культуры в Северо-Западном регионе в основном выращивают на фуражные цели. На современном этапе развития сельского хозяйства именно сорт является самым эффективным и наиболее доступным средством повышения величины качества урожая. Для создания новых сортов зерновых культур, обладающих высокой урожайностью, хорошим качеством зерна и комплексом других ценных признаков в разнообразных условиях среды, требуется хорошо изученный исходный материал.

В статье изложены результаты 3-летнего изучения коллекционных образцов из мировой коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) с целью выделения источников хозяйственно-ценных признаков при использовании их в селекционной работе. Полевая и лабораторная оценки проводились по общепринятым методикам. Выявлены источники скороспелости (10 образцов), короткостебельности (14 образцов), длинноколосости (11 образцов), источники крупного зерна (12 образцов). Была проведена оценка коллекции к наиболее вредоносным грибным болезням. В 2018 году впервые в Ленинградской области на посевах ячменя на сортах J.B. Flavour, Posada, Issota (Германия) обнаружен рамуляриоз, возбудитель – гриб *Ramularia collo-cygni* B.Sutton J.M.Waller. Сейчас он считается одним из вредоноснейших заболеваний ячменя в странах Европы.

P. 16

STUDY OF SPRING BARLEY COLLECTION FOR THE AIMS OF SELECTION IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

Senior Researcher **T.N. RADYUKEVICH**

(Federal State Budget Scientific Institution «Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka»,
e-mail: lenniish@mail.ru)

Senior Researcher **L.M. BONDAREVA**

(Federal State Budget Scientific Institution «Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka»,
e-mail: lenniish@mail.ru)

188338, Russian Federation, Leningrad region, Gatchinsky district, Belogorka, Instytutskaya, 1
Researcher **N.M. LASHINA**

(Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Research Institute of Plant Protection,
e-mail: nlashina@mail.ru)

196608, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky shosse, 3

Keywords: spring barley, collection, selection, early maturity, resistance to lodging, resistance to diseases

Grain crops in the North-Western region are mainly grown for forage purposes. At the present stage of development of agriculture, the variety is the most effective and most affordable means of increasing the value of crop quality. To create new varieties of grain crops with high yield of good quality grain and a set of other valuable features in a variety of environmental conditions requires a well-studied source material.

The article presents the results of a 3-year study of collection samples from the world collection of the Federal research center of the all-Russian Institute of plant genetic resources N.I. Vavilov (VIR) for the purpose of allocation of sources of economically valuable signs at their use in selection work. Field and laboratory assessments were carried out according to generally accepted methods. In the course of the work, sources of early maturity (10 samples), short-stem (14 samples), long-grain (11 samples) sources of large grain (12 samples) were identified. The collection has been rated to the most harmful fungal diseases. The collection of the most harmful fungal diseases was evaluated. In 2018, for the first time in the Leningrad region on barley crops on varieties J. B. Flavour, Posada, Issota (Germany) found ramulyariosis, the causative agent of the fungus *Ramularia collo-cygni* B. Sutton J. M. Waller. It is now considered one of the most harmful diseases of barley in Europe.

C. 22

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Кандидат биологических наук **Л.Е. КОЛЕСНИКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kleon9@yandex.ru)

Аспирант **С.С. ЧЕКУРОВА**

(Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: cheкурова-s@mail.ru)

196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2,

Кандидат сельскохозяйственных наук **Ю.Р. КОЛЕСНИКОВА**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,

e-mail: kleon9@yandex.ru)

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42-44

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, структура урожайности, болезни пшеницы, агроэкологические условия возделывания, хлорофилл а и b

Работа посвящена изучению структуры урожайности пшеницы и выявлению основных факторов, определяющих ее изменчивость. Продуктивность и структуру урожайности пшеницы характеризовали комплексом показателей: полевая всхожесть, число, длина и масса корней, фаза и высота растения, площадь флагового и предфлагового листа, масса вегетативной части растения, длина колоса, число колосков в колосе, число зерен в колосе, масса 1000 зерен, потенциальная (расчетная) урожайность. Оценку степени поражения растений корневой гнилью и листовыми болезнями проводили как по общепринятому критерию – развитие болезни, так и с использованием дополнительных фитопатологических показателей. В частности, поражение растений бурой и желтой ржавчиной характеризовали числом пустул на лист, площадью пустулы, числом полос с пустулами, длиной полос с пустулами, числом пустул в полосе, а мучнистой росой – числом и площадью пятен с

налетом. Содержание хлорофиллов α , β во флаговых листьях пшеницы определяли в биохимической лаборатории СПбГАУ спектрофотометрическим методом. Между элементами структуры урожайности пшеницы выявлены определенные взаимосвязи. Кроме того, найдены зависимости изменения показателей продуктивности пшеницы от интенсивности развития возбудителей болезней. Оценено влияние метеорологических условий возделывания пшеницы на биологическую (потенциальную) урожайность. В процессе работы были установлены зависимости структуры урожайности и устойчивость пшеницы к болезням от содержания в листьях фотосинтетических пигментов – хлорофиллов α и β . Показано доминирующее влияние хлорофилла β на число зерен в колосе, массу зерен одного колоса, массу колоса. Построены математические модели, отражающие указанные взаимосвязи. Даны практические рекомендации по применению полученных результатов.

P. 22

IDENTIFICATION OF THE MAIN FACTORS AFFECTING THE STRUCTURE OF WHEAT YIELD AND ITS VARIABILITY IN THE LENINGRAD REGION

Candidate of Biological Sciences **L.E. KOLESNIKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kleon9@yandex.ru)

Postgraduate Student **S.S. CHEKUROVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: chekurova-s@mail.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Candidate of Agricultural Sciences **YU.R. KOLESNIKOVA**

(Federal Research Center
«N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources» (VIR), e-mail: kleon9@yandex.ru)
190000, Russian Federation, Saint-Petersburg, B. Morskaya ul. 42-44

Keywords: *spring soft wheat, Bacillus subtilis, Sphingomonas sp., Pseudomonas fluorescens, wheat productivity; wheat diseases, agroecological conditions of cultivation, chlorophyll α and β*

Results of the wheat yield structure study and the main factors determining its variability detection are presented in the work. The chlorophylls α , β content in wheat flag leaves was defined in the biochemical laboratory of SPBGU by the spectrophotometric method. The productivity and wheat yield structure was characterized by the indicators: the field germination, the number, the length and the weight of the roots, the vegetation phase and the height of the plant, the area of the flag and pre-flag leaf, the weight of the vegetative part of the plants, the length of the wheat ear, the number of spikelets in the wheat ear, the number of grains in the wheat ear, the weight of 1000 grains, potential (estimated) yield. According to the generally accepted criterion – the disease development, and with the use of additional phytopathological indicators to estimate the degree of plants damage caused by root rot and leaf disease was carried out. In particular, the plants affection by the brown and yellow rust had been characterized by the pustules number on leaf, the pustules area, the number of stripes with pustules, the length of the strip with pustules, the pustules number in the stripe; affection by the powdery mildew – the number and the area of spots. Between the wheat yield structure elements certain relationships had been revealed. In addition, the dependence of changes in wheat productivity indicators on the pathogens development intensity was found. The influence of meteorological conditions of wheat cultivation on biological (potential) yield was estimated. The dependences of the yield structure and the wheat diseases resistance on the content of photosynthetic pigments chlorophylls α and β in the leaves during researches were revealed. The dominant effect of chlorophyll β on the grains number per ear, the grains weight per ear, the ear weight was shown. Mathematical models indicating these relationships had been constructed. Practical recommendations regarding the application of the results were suggested.

С. 28

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ГУМАТО-САПРОПЕЛЕВЫХ СУСПЕНЗИЙ
НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСЕМЕНЕННОСТЬ ЯЧМЕНЯ
И ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ**

Аспирант **Д. НСЕНГУМУРЕМЫЙ**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики», e-mail: n.barakova@mail.ru)

Кандидат технических наук **Н.В. БАРАКОВА**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики», e-mail: n.barakova@mail.ru)

191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

Доктор сельскохозяйственных наук **А.С. МИТЮКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт озераведения Российской
академии наук, e-mail: mitals@yandex.ru)

196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, д. 9

Ключевые слова: ультрадисперсная гумато-сапропелевая суспензия, ячмень, сухая послеспиртовая барда, микробиологическая обсемененность

Исследовали влияние ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий (УДГСС) на микробиологическую обсемененность ячменя и сухой послеспиртовой барды. Установлено, что в процессе обработки ячменя УДГСС количество КОЕ уменьшается почти в 30 раз (с $3,66 \cdot 10^5$ КОЕ/г зерна до $1,23 \cdot 10^4$ КОЕ/г зерна). При хранении обработанного зерна при комнатной температуре в течение 7 дней количество КОЕ не увеличивается. В процессе обработки сухой послеспиртовой барды УДГСС количество КОЕ снижается в 1,3 раза (с $2,3 \cdot 10^4$ КОЕ /г барды до $1,77 \cdot 10^4$ КОЕ/ г барды). При хранении обработанной сухой послеспиртовой барды при комнатной температуре в течение 7 дней количество КОЕ увеличивается, но это значение не превышает значения КОЕ на не обработанной сухой послеспиртовой барде. Обработку зерна и сухой послеспиртовой барды проводили стерильными суспензиями УДГСС с концентрацией сухих веществ 20%, pH 7 в количестве: 20 мл суспензии на 100 г зерна и сухой послеспиртовой барды. Обработку зерна проводили в течение 24 часов, обработку барды – в течение 30 минут. По окончании времени обработки зерно и барду высушивали до влажности, равной влажности зерна и барды в контрольных, не обработанных образцах. Определение КОЕ проводили в смывах с зерен ячменя и сухой послеспиртовой барды до обработки, после обработки и после семи суток хранения. После серийного разведения 1 мл каждого разведения инокулировали в питательную среду (ГМФ-АГАР) в чашках Петри. Чашки Петри инкубировали при температуре 30°C в течение 48 ч. Полученные результаты говорят о перспективности обработки зерна и сухой послеспиртовой барды УДГСС с целью снижения их микробиологической обсемененности.

Р. 28

**THE IMPACT OF ULTRADISPERSE HUMIC SAPROPEL SUSPENSIONS ON MICROBIAL
CONTAMINATION OF BARLEY AND DISTILLERS DRIED GRAINS**

Postgraduate Student **D. NSENGUMUREMY**

(Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education St. Petersburg National Research
University, e-mail: n.barakova@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **N.V. BARAKOVA**

(Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education St. Petersburg National Research
University, e-mail: n.barakova@mail.ru)

191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, ul. Lomonosov, 9

Doctor of Agricultural Sciences **A.S. MITYUKOV**
(Institute of Lake Science of RAS, e-mail: mitals@yandex.ru)
196105 Russian Federation, Saint-Petersburg, Sevastyanov str., 9

Keywords: *ultradisperse humic sapropel suspension (UDHSS), barley, Distillers dried grains (DDGs), microbial contamination*

The impact of ultradisperse humic sapropel suspension (UDHSS) on microbial contamination of barley and distillers dried grains (DDGs) was studied. It has been established that in the process of barley treatment with UDHSS, the number of CFU decreases by almost thirty times (from 3.66×10^5 CFU / g of grains to 1.23×10^4 CFU / g of grains). When the treated grains are stored at room temperature for seven days, the amount of CFU does not increase. In the process of DDGs treatment with UDHSS, the number of CFU decreased by 1.3 times (from 2.3×10^4 CFU / g of DDGs to 1.77×10^4 CFU / g of DDGs). During the storage of treated DDGs at room temperature for seven days, the number of CFU increases, but this value does not exceed the CFU value of untreated DDGs (control). Barley grains and DDGs were treated with sterile suspension UDHSS with 20% concentration of dry matter, pH 7, dose of 20 ml of UDHSS per 100 grams of barley grains and DDGs each. The barley grains and DDGs were kept for 24 hours and 30 minutes respectively after treatment. Then, they were dried to the moisture content equal to that of untreated barley grains and DDGs (control samples). The determination of the CFU was carried out in the washouts of barley grains and DDGs before treatment after treatment. After seven days of storage the experiment was repeated. After serial dilution, 1ml from each dilution was inoculated into nutrient medium (GMF agar) in Petri dishes. All petri dishes were incubated at 30°C for 48 hours. The obtained results indicate the prospects of grains and DDGs treatment with UDHSS in order to reduce their microbiological contamination.

C. 33

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ ХАКАФОС ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ТАБАКА

Кандидат сельскохозяйственных наук **Т.В. ПЛОТНИКОВА**
(Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий)
Кандидат сельскохозяйственных наук **Н.В. СИДОРОВА**
(Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий, e-mail: agrotobacco@mail.ru)
Доктор экономических наук **В.А. САЛОМАТИН**
(Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий, e-mail: vniitt1@mail.kuban.ru)
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, д. 42

Ключевые слова: *табак, рассада, удобрение Хакафос, урожайность, качество табачного сырья*

В течение ряда лет ведутся научно-исследовательские работы по испытанию современных удобрительных средств. По результатам исследований выявлено эффективное комплексное водорастворимое удобрение с микроэлементами в хелатной форме Хакафос ($N_{20}P_{20}K_{20}$) (Германия). Установлено, что трехкратное некорневое использование препарата Хакафос (в дозе $0,2 \text{ г/м}^2$) при выращивании рассады районированного сорта табака Остролист 316 и перспективного сорта Крупнолистный 9М на длительно несменяемой питательной смеси с искусственно созданным азотным фоном 35 мг/100 г смеси (50% от оптимальной дозы) по основным фазам развития растений («крестик», «ушки» и годная к высадке рассада) способствует сокращению рассадного периода до 10 дней и увеличению выхода качественной стандартной рассады к оптимальному сроку высадки ее в поле в 1,3 и 1,6 раза соответственно. Использование удобрения нового поколения в рассаднике оказало положительное влияние на дальнейшее развитие растений за счет получения более качественной рассады, предназначенной для посадки в поле. Площадь листа среднего яруса у растений сорта Остролист 316, обработанных в парниковый период препаратом Хакафос, увеличилась на 25%, сорта Крупнолистный 9М – на 16% по сравнению с контролем. Достоверная прибавка урожайности табачного сырья данных сортов составила 6,3 ц/га (21%) ($HCP_{05} - 2,21 \text{ ц/га}$) и 6,9 ц/га (15%) ($HCP_{05} - 2,48 \text{ ц/га}$) соответственно. Современное удобрение способствовало увеличению числа продуктивных семенных растений на 35-41% и улучшению химического состава табачного сырья за счет увеличения содержания углеводов. Комплексное удобрение Хакафос по

своему положительному влиянию на табачное растение не уступает или незначительно уступает эталону (расчетно-оптимальное содержание подвижных форм NPK в питательной смеси), где достоверная прибавка урожая табачного сырья сорта Остролист 316 составила 5,8 ц/га, или 19% и сорта Крупнолистный 9М – 7,4 ц/га, или 16%.

P. 33

EFFICIENCY OF COMPLEX FERTILIZER HAKAFOS FOR TOBACCO CULTIVATION

Candidate of Agricultural Sciences **T.V. PLOTNIKOVA**
(All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products)

Candidate of Agricultural Sciences **N.V. SIDOROVA**
(All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, e-mail: agrotobacco@mail.ru)

Doctor of Economic Sciences **V.A. SALOMATIN**
(All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, e-mail: vniitti1@mail.kuban.ru)
350072, Russian Federation, Krasnodar, Moskovskay str., 42

Keywords: tobacco, seedling, fertilizer Hakafos, productivity, tobacco quality

A lot of scientific research on modern fertilizers examinations is carrying out over the years. As the result, efficient complex water soluble fertilizer Hakafos (N₂₀P₂₀K₂₀) (Germany) with micronutrients in chelated form has been found. This fertilizer is utilized for growing seedling of zoned tobacco Ostrolist 316 and prospective variety Krupnolistny 9M on on long-term non-replaceable nutrient mixture with artificially created nitrogen background 35mg/100g soil (50 % of optimal dose). It has been discovered that triple non-root applying of Hakafos (0.2 g/m²) during stages of seedling development leads to decreasing seedling period time by 10 days and increasing output of standard seedling of good quality in 1.3 and 1.6 times respectively by the time of their transplanting. Utilizing of the fertilizer of new generation had positive effect on further plant development in the field due to better seedling quality. The area of middle leaves for Ostrolist 316 treated by Hakafos in seedling period increased by 25 % and Krupnolistny 9M – by 16 % compared to control samples. A reliable increase in the yield of tobacco raw materials of these varieties was 6.3 c/ha (21%) (HCP₀₅ – 2.21 c/ha) and 6.9 c/ha (15%) (HCP₀₅ – 2.48 c/ha) respectively. Utilizing of modern fertilizer led to increasing of productive plants for seeds by 35 – 41 % and improving of tobacco chemical composition due to carbohydrates increasing. Effect from complex fertilizer Hakafos on tobacco almost equal to etalon (estimated optimum content of labile forms of NPK in seedbed soil), where proved productivity increasing for Ostrolist 316 was 5.8 c/ha (19 %) and for Krupnolistny 9M – 7.4 c/ha (16%).

C. 38

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДЕСТРУКТОРА БАК-ВЕРАД НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Кандидат биологических наук **Р.С. ГАМЗАЕВА**
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: r.gamzaeva@yandex.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: биодеструктор, нефтепродукты, биологическая активность почвы, хлорофиллы, каротиноиды, деструкция углеводов

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами – это одна из сложных проблем экологии и охраны окружающей среды. В настоящее время успешно развиваются технологии биоремедиации нефтезагрязненных территорий. Решение проблемы достигается за счет стимуляции микробных ценозов путем внесения удобрений, микроорганизмов, которые способны наиболее эффективно утилизировать данный загрязнитель.

В статье приведены данные о влиянии биодеструктора Бак–Верад на общую биологическую активность почвы, пигменты фотосинтеза, биологическую массу наземных органов растений, а также на степень деструкции углеводов нефти при выращивании растений ячменя и салата.

Установлено, что бактериальный препарат Бак - Верад стимулирует общую биологическую активность почвы на нефтезагрязненной почве. При анализе выросших колоний на МПА было выявлено, что в вариантах с биодеструктором наблюдалось значительное количество колоний таких микроорганизмов, как *Bacillus mycoides*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus subtilis*, а также ветвящихся бактерий – *Actinomycetales*, что доказывает аммонифицирующую и целлюлозоразлагающую активность почвы. Из грибов были идентифицированы *Penicillium* и *Aspergillus*.

Результаты определения содержания зеленых пигментов свидетельствуют о том, что количество хлорофиллов *a* и *b* значительно снижалось в вариантах с нефтепродуктами по сравнению с контрольными вариантами. Возможно, это связано с нарушением процесса биосинтеза хлорофиллов в условиях стресса. Установлено, что содержание каротиноидов в вариантах с нефтепродуктами незначительно отличалось от контрольных вариантов у обоих изученных растений. Отмечено, что разложение нефтепродуктов в вариантах с внесением деструктора в 3-4 раза выше, чем в вариантах без обработки. В ходе исследований также выявлено, что при выращивании ячменя биодеструкция осуществляется более эффективно, чем при выращивании салата.

P. 38

THE USE OF BIODESTRUCTOR BUCK-VERAD ON SOD-PODZOLIC SOIL, CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS

Candidate of Biological Sciences **R.S. GAMZAYEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: r.gamzaeva@yandex.ru)

196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye sh., 2

Keywords: *biodestructor, petroleum products, soil biological activity, chlorophyll, carotenoids, hydrocarbon destruction*

Soil pollution by oil and oil products is one of the most difficult problems of ecology and environmental protection. Currently, technologies for bioremediation of oil-contaminated areas are successfully developing. The solution of the problem is achieved by stimulating of microbial cenoses when applying fertilizers, microorganisms, which are able to most effectively utilize this pollutant.

The article presents data on the impact of biodestructor on the total biological activity of the soil, photosynthesis pigments, the biological mass of the plant's ground organs, as well as on the degree of destruction of petroleum hydrocarbons when growing barley and lettuce plants.

It has been established that the bacterial preparation Buck-Verad stimulates the general biological activity of the soil on oil-contaminated soil. When analyzing grown colonies on MPA, it was found that in variants with a biodestructor, a significant number of colonies of such microorganisms as *Bacillus mycoides*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus subtilis*, and also branching bacteria, *Actinomycetales*, was observed, which proves ammonifying and cellulose-decomposing soil activity. Of the fungi, *Penicillium* and *Aspergillus* were identified.

The results of the determination of the content of green pigments indicate that the number of chlorophylls *a* and *b* was significantly reduced in variants with petroleum products compared with the control variants. Perhaps this is due to the violation of the process of chlorophyll biosynthesis under stress. It was established that the content of carotenoids in variants with petroleum products was slightly different from the control variants in both studied plants. It is noted that the decomposition of petroleum products in the variants with the introduction of a destructor is 3-4 times higher than in the variants without treatment. In the course of research, it was also revealed that biodestruction is more effective when growing barley than when growing lettuce.

С. 46

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЧЕСКОЙ
И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Доктор сельскохозяйственных наук **Л.А. ТРУСОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: trusova48@list.ru)

Аспирант **И.Ю. АЛФЁРОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: i_rishcream@list.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: оргавит, биозем, минеральные удобрения, кабачок, картофель

Опыт был проведен в полевых условиях на малом опытном поле Санкт-Петербургского аграрного университета в 2017-2018 годах. В опыте изучали влияние оргавита на основе куриного помета, биозема и их совместного внесения с минеральными удобрениями на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. В первый год опыта данные показатели изучали на культуре кабачок сорта Цукеша, во второй год – на картофель сорта Ред Скарлет. По результатам опыта в год действия был получен положительный эффект прибавки урожая в вариантах совместного применения органических и минеральных удобрений. Прибавка урожая составила 66-82% по отношению к контрольному варианту. Органическая система удобрения с использованием биозема была неэффективна в год действия, а при использовании оргавита на основе куриного помета прибавка урожайности к контролю составила 18%. По всем вариантам содержание нитратов в кабачках было значительно ниже предельно допустимой концентрации. Более высокий уровень нитратов был отмечен при использовании органоминеральной системы удобрения. В год последствия удобрений урожайность картофеля была выше при использовании органоминеральной системы удобрения с использованием оргавита (прибавка урожайности 12% к контролю), применение органической системы удобрения с оргавитом и биоземом было практически равнозначным, прибавка урожайности клубней составила 5 – 6% к контролю. В вариантах с внесением минеральных удобрений отмечен более высокий уровень содержания нитратов в клубнях, чем в других вариантах, но не превышающий ПДК.

Р. 46

**COMPARATIVE EVALUATION OF ORGANIC AND ORGANIC-MINERAL SYSTEM
OF FERTILIZERS ON SOD-PODZOLIC SOIL IN LENINGRAD REGION**

Doctor of Agricultural Sciences **L.A. TRUSOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: trusova48@list.ru)

Postgraduate Student **I.Y. ALFEROVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: i_rishcream@list.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: organic matter, biozem, mineral fertilizers, zucchini, potatoes

The experiment was conducted on a small experimental field of SPbGAU in 2017-2018. During the experiment we had been studying the influence of orgavit based on chicken manure, biozem and their mixed application with mineral fertilizers on yield and quality of crops. In the first year of experience, these figures were studied in the culture of the Tsukasa zucchini variety, in the second year - on the Red Scarlet potato variety. According to the results of the experiment in the year of action, a positive effect was obtained in increasing the yield in the variants of the joint use of organic and mineral fertilizers. The yield increase was 66-82% compared to the control variant. The organic fertilizer system using biozem was ineffective in the

year of operation, and when using an organavit based on chicken manure, the yield increase to control was 18%. For all options, the content of nitrates in zucchini was significantly below the maximum permissible concentration. A higher level of nitrates was noted when using the organomineral fertilizer system. In the year of fertilizer aftereffect, potato yields were higher when using an organomineral fertilizer system using organavit (yield increase 12% to control), the use of organic fertilizer system with organavit and biozem was almost equivalent, the yield increase in tubers was 5-6% to control. In the variants with the application of mineral fertilizers, a higher level of nitrate content in tubers was noted than in other variants, but not exceeding the MAC.

C. 52

ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ ЛУЖСКОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Соискатель **А.Д. КИРСАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: andrkkir88@gmail.com)

Доктор сельскохозяйственных наук **А.А. КОМАРОВ**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: Zelenydar@mail.ru)

Доктор сельскохозяйственных наук **П.А. СУХАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: Pavel_Suhanov@mail.ru)
195220, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14

Ключевые слова: тестовый полигон, агрохимическая характеристика, плодородие почв

В условиях Ленинградской области сформирована региональная сеть тестовых полигонов. Она охватывает основные агроклиматические, почвенные и агроландшафтные зоны области и предназначена для проведения комплексного агроэкологического мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения.

В течение 5 лет оценивалось изменение агроэкологического состояния и плодородия почв на тестовом полигоне. Тестовый полигон расположен в лесной зоне Северо-Западной Европейской провинции Лужско-Псковского округа, в Лужском районе Ленинградской области, на землях ЗАО «Племенной завод Рапти». Участок полигона располагается в пределах полевого севооборота, и его площадь составляет 25,8 га.

В работе представлена динамика изменения основных параметров почвенного плодородия на тестовом полигоне. За 5 лет мониторинговых исследований отмечено постепенное возрастание содержания органического вещества в почве полигона. После поддерживающего известкования, проведенного в 2016 г., показатели pH на тестовом полигоне за последние 2 года находятся на уровне градации «нейтральные» (>6,0 ед.pH). Однако в почвах отмечается рост показателей гидролитической кислотности, что указывает на тенденцию к подкислению. Содержание магния и кальция в почвенно-поглощающем комплексе изменяется по годам наблюдений. Возрастание содержания нитратного азота и аммонийного азота в почве может быть связано с интенсификацией процессов нитрификации и аммонификации. Последнее связано с активацией микробиологических процессов в почве. Содержание подвижного фосфора в почвах полигона очень высокое и имеет тренд возрастания. Содержание обменного калия в почвах полигона в 2018 г. на очень высоком уровне, что определяется использованием удобрений и интенсификацией минерализационных процессов.

Установлено, что проведение работ по агроэкологическому мониторингу позволяет обеспечить получение объективной и систематизированной информации о состоянии плодородия и экологии почв земель сельскохозяйственного назначения. Это, в свою очередь, позволит более точно оценивать эффективность использования бюджетных средств на поддержание плодородия, а также планировать виды и объемы агрохимических и других мероприятий с наименьшими затратами труда и бюджетных средств.

P. 52

THE DYNAMICS OF SOIL FERTILITY AT THE TEST SITE OF THE LUGA DISTRICT OF THE LENINGRAD REGIONApplicant **A.D. KIRSANOV**(Federal State Budget Scientific Institution «Agrophysical Research Institute»,
e-mail: andrkkir88@gmail.com)Doctor of Agricultural Sciences **A.A. KOMAROV**(Federal State Budget Scientific Institution «Agrophysical Research Institute»,
e-mail: Zelenydar@mail.ru)Doctor of Agricultural Sciences **P.A. SUKHANOV**(Federal State Budget Scientific Institution «Agrophysical Research Institute»,
e-mail: Pavel_Suhanov@mail.ru)

195220, Russian Federation, Saint-Petersburg, Grazhdansky pr., 14

Keywords: test site, agrochemical characteristics, fertility of soil

Under the conditions of the Leningrad Region, a regional network of test sites was formed. The network covers the main agro-climatic, soil and agro-landscape zones of the region and is intended for carrying out comprehensive agro-ecological monitoring of soils for farming.

During 2014-2018, a change in the agro-ecological condition and soil fertility was estimated at test site. Test site is located in the forest zone of the North-Western European Province of the Luzhsk-Pskov District, in the Luga District of the Leningrad Region, on the lands of the “Rapti Breeding Factory”. The site of the landfill is located within the field of crop rotation, and its area is 25.8 hectares.

The paper presents the dynamics of changes in the basic parameters of soil fertility at the test site. Over 5 years of monitoring studies, a gradual increase in the content of organic matter in the soil of the landfill was noted. After maintaining liming, carried out in 2016, the pH values at the test site for the last 2 years are at the “neutral” level (> 6.0 pH units). However, in the soils there is an increase in hydrolytic acidity, which indicates a tendency to acidification. The content of magnesium and calcium in the soil-absorbing complex varies according to the years of observation. An increase in the content of nitrate nitrogen and ammonium nitrogen in the soil may be due to the intensification of the processes of nitrification and ammonification. The latter is associated with the activation of microbiological processes in the soil. The content of mobile phosphorus in the soils of the landfill is very high and has an upward trend. The content of exchangeable potassium in the soils of the landfill in 2018 is at a very high level, which is determined by the use of fertilizers and the intensification of mineralization processes.

It has been established that the work on agro-ecological monitoring allows to provide objective and systematic information on the state of fertility and soil ecology of agricultural lands. This, in turn, will allow more accurately assess the effectiveness of the use of budget funds to maintain fertility, as well as plan the types and volumes of agrochemical and other measures with the least expenditure of labor and budget funds.

C.57

**РОССИЙСКОЕ ДИКОРАСТУЩЕЕ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СЫРЬЕ
КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ РЕСВЕРАТРОЛА**Кандидат технических наук **П.Е. БАЛАНОВ**(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, e-mail: balanov@yandex.ru)

191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д.9

Кандидат технических наук **И.В. СМОТРАЕВА**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: irinasmotraeva@yandex.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

Аспирант **М.С. АБДУЛЛАЕВА**
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
e-mail: m.s.abdullaeva@mail.ru)
191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д.9

Ключевые слова: ресвератрол, антиоксидантная активность, окислительно-восстановительный потенциал

Производство продуктов питания – это динамично развивающаяся индустрия. Современная концепция питания предполагает значимое потребление продуктов, которые не только обеспечивают потребителя питательными веществами, но и приносят пользу для здоровья.

Полифенолы в растительном мире встречаются очень часто, и их биологическая функция у растений бывает различной: от придания окраски плодам (антоцианы) до противомикробного действия (фитоалексины).

В последние годы широкий исследовательский интерес вызывает вещество полифенольной природы – ресвератрол. Это соединение содержится в растениях и обладает выраженным антибиотическим действием. Является нативным антибиотиком для флоры и позволяет противостоять различной микрофлоре и паразитам. На текущий момент считается обоснованным его положительное воздействие на здоровье человека по нескольким направлениям: антиоксидантная активность, онкопротекторное действие, увеличение продолжительности жизни. Содержание этого компонента в растениях бывает очень разным. Повышенное количество, интересное для потенциальной промышленной переработки, наблюдается в кожце винограда, в орехах, в горце сахалинском.

В статье приводится анализ экспериментальных данных по определению окислительно-восстановительного потенциала в экстракте из дикорастущего горца сахалинского *Reynoutria sachalinensis*.

P. 57

RUSSIAN WILDLIFE AND AGRICULTURAL RAW MATERIALS AS A SOURCE FOR RESVERATROL

Candidate of Technical Sciences **P.E. BALANOV**
(St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
e-mail: balanov@yandex.ru)

191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosova str., 9

Candidate of Technical Sciences **I.V. SMOTRAEVA**
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: irinasmotraeva@yandex.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Postgraduate Student **M.S. ABDULLAEVA**
(St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
e-mail: m.s.abdullaeva@mail.ru)
191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosova str., 9

Keywords: resveratrol, antioxidant activity, redox potential

Food production is a dynamic industry. The modern concept of nutrition involves significant consumption of products that not only provide the consumer with nutrients, but also bring health benefits.

Polyphenols in the plant world are very common, and their biological function in plants is different, from giving color to fruits (anthocyanins) to antimicrobial action (phytoalexins).

In recent years, the substance of polyphenolic nature, resveratrol, has attracted wide research interest. This compound is found in plants and has a pronounced antibiotic effect. It is a native antibiotic for flora and allows you to resist various microflora and parasites. Currently, its positive effect on human health in several areas is considered to be justified: antioxidant activity, cancer protective effect, the increase in life expectancy. The content of this component in plants is very different. An increased amount, interesting for

potential industrial processing, is observed in the skin of grapes, in nuts, in the Sakhalin knotweed *Reynoutria sachalinensis*.

The article provides an analysis of the experimental data on the determination of the redox potential in the extract from Sakhalin knotweed *Reynoutria sachalinensis*.

C. 63

СОХРАНИТЬ ХОЛМОГОРСКУЮ ПОРОДУ – ОСНОВУ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА СЕВЕРЕ

Кандидат биологических наук **В.С. МАТЮКОВ**

(Институт сельского хозяйства Федерального исследовательского центра Коми Научного Центра Уральского отделения Российской академии наук, e-mail: nipti38@mail.ru)
167023, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, 27

Кандидат сельскохозяйственных наук **Я.А. ЖАРИКОВ**

(Вьльгортская научно-экспериментальная биологическая станция – филиал Федерального исследовательского центра Коми Научного Центра Уральского отделения Российской академии наук e-mail: zharikov.yakov@yandex.ru)
168220, Российская Федерация, Республика Коми, Сыктывдинский район, с. Вьльгорт, ул. Еляты, 1

Начальник отдела **Д.В. ЛОБОВ**

(Отдел животноводства, аквакультуры и племенной работы
Министерства сельского хозяйства Республики Коми, e-mail: d.v.lobov@minshp.rkomi.ru)
167983, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Бабушкина, 23

Ключевые слова: холмогорская порода, продуктивность, качество продукции, адаптация, генофонд, сохранение

В 1940-50-е годы на Европейском Севере России исчезли олонеккое, зырянское и печорское отродья северного комолого скота. На грани исчезновения находится одна из недавно многочисленных отечественных пород – холмогорская. По классификации ФАО её статус приближается к «критическому». Холмогорская порода далеко не исчерпала свои возможности. Уступая коммерческим породам по средней молочной продуктивности за лактацию, возрасту первого отёла и технологической пригодности вымени к автоматизированному доению, она имеет преимущество: по продолжительности хозяйственного использования; по молочной продуктивности за сумму полных законченных лактаций; по плодовитости; по качеству продукции; по адаптационным способностям к условиям Севера России; по устойчивости к ряду заболеваний. В условиях производства молока с невысоким обеспечением животных местными кормами среднего и низкого качества на малоконцентратных рационах, выпасом в летний период на естественных низкопродуктивных лесных пастбищах холмогорская порода остаётся непревзойдённой по экономичности производства экологичной, здоровой молочной продукции. Республика Коми – один из немногих регионов, которому пока удаётся сохранять банк глубоководнозамороженного семени и массив чистопородного и слабо голштинизированного холмогорского скота. Однако количество такого поголовья и семени быстро сокращается. Анализ первичных данных автоматизированного зоотехнического и ветеринарного индивидуального учёта племенных животных (СЕЛЭКС) показал, что на 1 апреля 2018 года из подконтрольной выборки численностью 2849 живых коров, принадлежащих восьми хозяйствам, и банка глубоководнозамороженного семени 139 быков, принадлежащих РГУСП Коми по племенной работе, чистопородные животные составили 28,5% (811 голов). Необходимо принять срочные и эффективные меры для сохранения исчезающего генофонда.

P. 63

KHOLMOGORY BREED KEEPING AS A BASE OF ORGANIC AGRICULTURE IN THE NORTH

Candidate of Biological Sciences **V.S. MATYUKOV**

(Institute of Agriculture of the Federal Research Centre of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, e-mail: nipti38@mail.ru)

167023, Russian Federation, Respublika Komi, Syktyvkar, ul. Rucheynaya, 27

Candidate of Agricultural Sciences **Y.A ZHARIKOV**

(Vil'gort Scientific Experimental Biological Station - Branch of the Federal Research Centre «Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences»,

e-mail: zharikov.yakov@yandex.ru)

168220, Russian Federation, Respublika Komi, Syktyvdinskij rayon, s. Vyl'gort, ul. Elyaty, 1

Head of department **D.V. LOBOV**

(Ministry of Agriculture and Consumer Market of the Republic of Komi,

Department of Animal Husbandry, Aquaculture and Breeding, e-mail: d.v.lobov@minshp.rkomi.ru)

167983, Russian Federation, Respublika Komi, Syktyvkar, ul. Babushkina, 23

Keywords: kholmogory breed, productivity, product quality, adaptation, gene pool, preservation

In the 1940-50th years in the European North of Russia Olonets, Zyrian and Pechora spawns of the northern hummel cattle disappeared. On the verge of disappearance there is one of recently numerous domestic breeds – the Kholmogory. On classification of FAO its status approaches "critical". The Kholmogory breed far did not exhaust the opportunities. Conceding to commercial breeds on average dairy efficiency for a lactation, to age of the first calve and technological suitability of an udder to the automated milking, it has advantage: on duration of economic use; on dairy efficiency for the sum of the full finished lactations; on fertility; on quality of products; on adaptation abilities to conditions of the North of Russia; on resistance to a number of diseases. In milk conditions of production with low providing animals with local stems of average and poor quality on the low-concentrated diets, a pasture during the summer period on natural low-productive forest pastures the Kholmogory breed remains unsurpassed on profitability of production of eco-friendly, healthy dairy products. Komi Republic is one of the few regions which manages to keep bank of the deep-frozen seed and the massif of purebred and weakly holsteinized Kholmogory cattle so far. However the quantity of such livestock and a seed is quickly reduced. The analysis of primary data of the automated zootechnical and veterinary individual accounting of breeding animals (SELEKS) showed that as of April 1, 2018, 139 bulls belonging to Komi RGUSP for breeding work, purebred animals accounted for 28.5% (811 heads) from a controlled sample of 2849 live cows belonging to eight farms and a deep-frozen seed bank. Urgent and effective measures must be taken to conserve the endangered gene pool.

C. 69

ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА В ХОЗЯЙСТВАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кандидат сельскохозяйственных наук **Э.В. ФИРСОВА**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция», e-mail: research-station@yandex.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **А.П. КАРТАШОВА**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция», e-mail: research-station@yandex.ru)

184365, Российская Федерация, Мурманская обл., Кольский р-н, пос. Молочный, ул. Совхозная, д. 1

Ключевые слова: *породы молочного скота, численность, молочная продуктивность, сервис-период, срок хозяйственного использования*

Были определены 8 основных пород крупного рогатого скота, численность которых превышает 2,5% от общей численности молочного скота. Это черно-пестрая, симментальская, холмогорская, красная степная, красно-пестрая, айширская, голштинская черно-пестрой масти и ярославская породы.

В результате исследований установлены положительные тенденции: удой по всем породам с 2007-го по 2017 год увеличился на 2139 кг молока (+48%), содержание жира в молоке – +0,1%, содержание белка – +0,04%, коэффициент молочности – +325,5 кг, или +37,0%, живая масса коров – + 42 кг (+8,4%). Произошло увеличение живой массы телок в среднем по всем породам в 18-месячном возрасте (+39 кг), уменьшение возраста первого отела (–74 дня), увеличение выхода телят на 100 коров (+4,0).

Также установлены и отрицательные моменты. поголовье крупного рогатого скота молочного направления продуктивности во всех категориях хозяйств Российской Федерации сократилось на 14,7% и составило 18681000 голов, а поголовье коров – до 1307870 тысяч голов (–37,4%). По породам сокращение числа коров составило от 8,1% по красно-пестрой до 67,3% по симментальской. Количество хозяйств, занимающихся разведением крупного рогатого скота молочных пород, уменьшилось с 5126 до 2467. Средний возраст коров всех пород во всех категориях хозяйств за исследуемый период сократился на 0,37 отела и составил 2,66, а средний возраст выбытия – на 0,51 и равнялся 3,39 отёла. В племзаводах и племрепродукторах – 3,29 и 3,42 отёла соответственно. Выявлено увеличение сервис-периода по породам – от 6 дней у симментальской до 23 дней у холмогорской, а в среднем по всем породам на 20 дней.

В 2017 году по изучаемым породам на племпредприятиях содержалось 772400 коров, или 59% от всего поголовья.

Коровы в племрепродукторах превосходят по среднему удою коров всех пород на 2,9% (6766 кг молока), в племязаводах – на 19,9% (7878 кг). По выходу телят на 100 коров превосходство по отношению к животным всех категорий хозяйств составило по племрепродукторам – + 2,8 (83,8), по племязаводам – +0,4 (81,4) теленка.

P. 69

MAIN BREEDS OF DAIRY CATTLE IN THE FARMS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Candidate of Agricultural Sciences **E.V. FIRSOVA**

(Federal State Budget Scientific Institution «Murmansk State Agricultural Experiment Station»,
e-mail: research-station@yandex.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **A.P. KARTASHOVA**

Federal State Budget Scientific Institution «Murmansk State Agricultural Experiment Station»,
e-mail: research-station@yandex.ru)

184365, Murmanskaya obl., Rolskiy rayon, pos. Molochny, ul. Sjvhoznaya, d.1

Keywords: *dairy cattle breeds, livestock numbers, milk productivity, service period, term of economic use*

Eight major cattle breeds were identified, the number of which exceeds 2.5% of the total number of dairy cattle. These are black and motley, Simmental, Kholmogory, red steppe, red and motley, Ayshir, Holstein black and motley color and Yaroslavl breed.

As a result of the research, positive trends were established: the yield for all breeds from 2007 to 2017 increased by 2139 kg of milk (+ 48%), the fat content in milk by + 0.1%, the protein content by + 0.04%, the coefficient milkiness +325,5 kg or + 37.0%, live weight of cows + 42 kg (+ 8.4%). There was an increase in live weight of heifers on average in all breeds at 18 months of age (+39 kg), a decrease in the age of the first calving (–74 days), received calves per 100 cows (+4.0).

Also negative points are set. Dairy cattle livestock in all categories of farms of the Russian Federation decreased by 14.7% and amounted to 18,681,000 heads, and the number of cows to 1,307,870 thousand heads (–37.4%). By breeds, the reduction in the number of cows ranged from 8.1% for the red-and motley to 67.3% for Simmental. The number of dairy cattle breeding farms decreased from 5126 to 2467. The average age of cows of all breeds in all categories of farms decreased by 0.37 of calving in the period

under study and amounted to 2.66, and the average age of culling at 0.51 and was 3.39 of calving. In breeding factories and breeding producers it is 3.29 and 3.42 of calving, respectively. An increase in the service period for breeds was found - from 6 days for Simmentalsky to 23 days for Kholmogory, and on average for all breeds for 20 days.

In 2017, according to the breeds studied, breeding enterprises contained 772400 cows or 59% of the total livestock.

Cows in breeding reproducers exceed average milk yield of cows of all breeds by 2.9% (6766 kg of milk), in breeding plants by 19.9% (7878 kg). By the output of calves per 100 cows, the superiority to animals of all categories of farms was noted in breeding reproducers – + 2.8 (83.8), in breeding plants – +0.4 (81.4) calves.

C. 76

ФАКТИЧЕСКАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПИТАТЕЛЬНЫМИ И БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ООО «НИЖЕГОРОДСКОЕ» ПО ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЕ

Аспирант **Н.Е. ГЛЕБОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,
e-mail: zoo_gorky@mail.ru)

603107, Российская Федерация, Нижний Новгород, просп. Гагарина, д. 97

Ключевые слова: питательные вещества, сырой протеин, перевариваемый протеин, крахмал, сахар, быки-производители, сахаро-протеиновое отношение

В данной работе рассматриваются особенности сбалансированного кормления быков-производителей, которое невозможно без учета физиолого-биохимических основ питания и питательной ценности кормов. В статье изложены фактические данные по кормлению быков - производителей в племенной станции – ООО «Нижегородское» по племенной работе. Выявлены дефицитные питательные и биологически активные вещества в рационах животных, роль и значение их, влияние на спермопродукцию и здоровье самого животного в целом. Изучена витаминная питательность рациона и биохимический состав крови как постоянный контроль полноценного питания животных. Проанализирован химический состав кормов, входящих в рационы кормления быков – производителей, даны рекомендации по скармливанию и требованиям к качеству основных видов кормов. Основным требованием в современном высокопродуктивном промышленном животноводстве становится обеспечение здоровья животных и высокой продуктивности на всех этапах их эксплуатации. В случае несоответствия нормам кормления необходимо своевременно внести исправления в рацион, поскольку задержка коррекции рациона по недостающим элементам питания приводит к нарушению в организме животного обмена веществ, которое определенное время компенсируется внутренними резервами организма, а позднее приводит к заболеванию.

P. 76

THE ACTUAL PROVISION OF SIRES BY NUTRITIONAL AND BIOLOGICALLY-ACTIVE SUBSTANCES IN CONDITIONS OF «NIZHEGORODSKOYE» LTD. ON STOCKBREEDING

Postgraduate Student **N.V. GLEBOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy», e-mail: zoo_gorky@mail.ru)
603107, Russian Federation, Nizhny Novgorod, Gagarin prospect, 97

Keywords: nutrients, crude protein, digestible protein, starch, sugar, manufacturing bulls, sugar-protein ratio

This paper discusses the features of balanced feeding of bulls, which is impossible without taking into account the physiological and biochemical basis of nutrition and nutritional value of feed. The article presents the actual data on the feeding of bulls in the breeding station – of «Nizhegorodskoye» ltd. on stockbreeding. Deficient nutrients and biologically active substances in animal diets, the role and importance of their influence on sperm production and the health of the animal as a whole were revealed. The vitamin nutritional value of the diet and biochemical composition of blood as a constant control of full nutrition of animals were studied. The chemical composition of feed included in the diets of bulls is analyzed, recommendations on feeding and requirements to the quality of the main types of feed are given. The main requirement in modern highly productive industrial animal husbandry is to ensure animal health and high productivity at all stages of their operation. In case of non-compliance with the norms of feeding, it is necessary to make timely corrections to the diet, since the delay in correcting the diet for the missing elements of nutrition leads to a violation in the body of animal metabolism, which is compensated for a certain time by the internal reserves of the body, and later leads to disease.

C. 80

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА РУБЦА У МОЛОДЫХ И ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ *RANGIFER TARANDUS* ИЗ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Аспирант **Т.П. ДУНЯШЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: timur@biotrof.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Кандидат биологических наук **Д.В. СОБОЛЕВ**

(ООО «БИОТРОФ+», e-mail: sdv@biotrof.ru)
192284, Российская Федерация, Санкт-Петербург, бульвар Загребский, д. 19, корп. 1, кв. 13

Доктор биологических наук **Г.Ю. ЛАПТЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: georg-laptev@rambler.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: северный олень, микрофлора рубца, бактериальное сообщество, NGS-секвенирование

Микробиом рубца у северного оленя меньше изучен по сравнению с другими животными, хотя его анализ представляет значительный интерес в связи с оценкой адаптационно-физиологических и анатомических особенностей организма, позволяющий использовать низкий по питательности рацион тундры и лесотундры. В настоящей работе выполнены молекулярно-генетические исследования микробиоценоза рубца северных оленей ненецкой породы, обитающих на территории Ненецкого автономного округа России. Цель работы заключалась в сравнительной оценке таксономического состава бактериального сообщества рубца молодых и взрослых особей *Rangifer tarandus*. Образцы содержимого рубца отбирали в осенне-зимний период в 2018 году от трех телят и пяти взрослых особей (3-5 лет) в Ненецком автономном округе. Состав бактериального сообщества рубца анализировали методом NGS (Next Generation Sequencing) в молекулярно-генетической лаборатории ООО «Биотроф +». Установлено, что до 50,30% филоотипов относилось к филуму *Bacteroidetes*. В филуме *Firmicutes* отмечено 40,82% микроорганизмов от всего бактериального сообщества рубцовой жидкости. Менее представленными оказались *Proteobacteria*, *Spirochaetes*, *Euryarchaeota*, *Verrucomicrobia* и *Cyanobacteria*. Процентное соотношение представителей остальных филумов составляет менее 1% от всего бактериального сообщества. В течение онтогенеза у северных оленей наблюдались изменения в соотношении количества филоотипов и таксономических групп микробиоты рубца. Наибольшие возрастные изменения были выявлены в составе филума *Firmicutes*. В рубце у телят общее содержание целлюлозолитических бактерий родов

Ruminococcus, *Selenomonas*, обладающих потенциальной способностью к гидролизу углеводов растительных кормов с образованием летучих жирных кислот, было выше по сравнению со взрослыми особями, однако представителей рода *Streptococcus* было значительно меньше в рубцовом содержимом телят, чем у более взрослых животных. Выявлено незначительное количество условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Был выявлен высокий процент рода *Treponema* филума *Spirochaetes* в обеих возрастных группах.

P. 80

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RUMEN BACTERIAL COMMUNITY IN YOUNG AND ADULTS OF THE *RANGIFER TARANDUS* FROM THE ARCTIC REGIONS OF RUSSIA IN THE AUTUMN-WINTER PERIOD

Postgraduate Student **T.P. DUNYASHEV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: timur@biotrof.ru)
196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg sh., 2

Candidate of Biological Sciences **D.V. SOBOLEV**

(Biotroph +, LLC, e-mail: sdv@biotrof.ru)

192284, Russian Federation, St. Petersburg, Zagrebysky Boulevard, 19, bld. 1, apt. 13

Doctor of Biological Sciences **G.Y. LAPTEV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: ilina@biotrof.ru)

196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2

Keywords: *reindeer, rumen microflora, bacterial community, NGS-sequencing*

Rumen microbiome in reindeer has been less studied compared to other animals, although its analysis is of considerable interest in relation to the assessment of the adaptation-physiological and anatomical peculiarities of the organism, which allows to use a low-nutritionally ration of tundra and forest-tundra. In this paper, molecular genetic studies of the microbiocenosis of the rumen of reindeer of the Nenets breed living in the territory of the Nenets Autonomous District of Russia were carried out. The aim of the work was to compare the taxonomic composition of the bacterial community of the rumen in young and adult *Rangifer tarandus*. Samples of the scar content were collected in the autumn-winter period in 2018 from three calves and five adult individuals (3-5 years old) in the Nenets Autonomous District. The composition of the bacterial community of the rumen was analyzed by the method of NGS (Next Generation Sequencing) in the molecular genetic laboratory of LLC «Biotrof +». It was established that up to 50.30% of phylotypes belonged to the phylum *Bacteroidetes*. In the phylum *Firmicutes*, 40.82% of microorganisms from the whole bacterial community of cicatricial fluid are noted. *Proteobacteria*, *Spirochaetes*, *Euryarchaeota*, *Verrucomicrobia* and *Cyanobacteria* were less well represented. The percentage of other phylum representatives is less than 1% of the total bacterial community. During ontogeny, changes in the number of phylotypes and taxonomic groups of the rumen microbiota were observed in reindeer. The greatest age-related changes were found in the composition of the phylum *Firmicutes*. In the rumen of calves, the total content of cellulolytic bacteria of the genera *Ruminococcus*, *Selenomonas*, which have the potential for the hydrolysis of carbohydrates of vegetable fodder with the formation of volatile fatty acids, was higher compared with adults, however, representatives of the genus *Streptococcus* were significantly less in the scar content of calves than in adult animals. An insignificant number of conditionally pathogenic and pathogenic microorganisms was detected. A high percentage of the genus *Treponema* of the *Spirochaetes* phylum was found in both age groups.

С. 84

**ФОРМИРОВАНИЕ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У МОЛОДНЯКА ОВЕЦ
КАРАЧАЕВСКОЙ ПОРОДЫ****Доктор сельскохозяйственных наук А.Х. ХАЙТОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: khaitov47@mail.ru)
196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Доктор сельскохозяйственных наук А.Ф. ШЕВХУЖЕВ

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru)
356241, Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49

Доктор сельскохозяйственных наук Д.Р. СМАКУЕВ

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия»)
369000, Российская Федерация, г. Черкесск, ул. Ставропольская, д. 36

Ключевые слова: живая масса, возраст, порода, убойная масса, убойный выход, морфологический и сортовой состав туши

Животный организм в процессе индивидуального развития претерпевает ряд количественных и качественных изменений, поэтому установление закономерностей этих изменений имеет большое научное и практическое значение, так как, изучив их, можно сознательно управлять ими.

Овцы карачаевской породы, обладая достаточно хорошей скороспелостью, достигают к отбивке 55–60% массы взрослых животных. Благодаря этой способности ягнята этой породы могут использоваться для убоя в молочном возрасте. В наших исследованиях мясные качества ягнят изучались в различном возрасте путем проведения контрольного убоя подопытных животных.

При сравнительном анализе результатов контрольного убоя разных половозрастных групп (баранчиков и ярок) необходимо отметить значительное превосходство баранчиков во все возрастные периоды по абсолютным показателям предубойной живой массы, массы парной и остывшей туши и убойной массы.

Анализ данных по содержанию мякоти и костей в отдельных отрубях показывает, что у баранчиков в тазобедренном отрубке содержание мякоти находится в пределах 86,2–88,1%, костей, соответственно, 11,9–13,8%; в поясничном – 81,0–84,5% и 15,5–19,0% и в лопаточно-спинном – 67,5–79,1% и 20,9–32,5%. Причем содержание мякоти с увеличением возраста повышается, а костей – снижается.

С возрастом у карачаевской грубошерстной породы овец доля отрубов наиболее ценного I сорта стабильно увеличивается как у баранчиков, так и у ярок, что связано с наращиванием мускулатуры. Выход I сорта у баранчиков составил 10,18–21,55 кг (87,8–90,2%), а у ярок – 8,33–17,30 кг (88,6–90,5%).

Р. 84

MEAT PRODUCTIVITY FORMATION IN YOUNG SHEEP OF KARACHAY BREED**Doctor of Agricultural Sciences A.KH. KHAITOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: khaitov47@mail.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Doctor of Agricultural Sciences A.F. SHEVKHUZHEV

(FSBSI «North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», shevkhuzhevaf@yandex.ru)
356241, Russian Federation, Stavropol Krai, Mikhaylovsk, Nikonov ul., 49

Doctor of Agricultural Sciences D.R. SMAKUEV

(North-Caucasian State Humanitarian and Technological Academy)
369000, Russian Federation, Cherkessk, Stavropolskaya ul., 36

Keywords: body weight, age, breed, weight after slaughter, slaughter yield, morphological and composition of carcasses

Animal body in the process of personal development is undergoing a number of quantitative and qualitative changes, therefore establishing patterns of these changes is of great scientific and practical value, because, having studied them, you can consciously manage them. Sheep breeds of Karachay, possessing good enough precocity, reach to 55- 60%-weaning mass of adult animals. Thanks to this ability of this breed lambs for slaughter can be used in milk. In our research, meat quality lambs were studied at different ages by holding the control of slaughter of the animals tested.

Comparative analysis of the results of the control of slaughter from different age and gender groups (young rams and ewes) it is necessary to note a significant superiority of rams in all age periods to absolute indicators of pre-slaughter body weight, the mass of the steam and cooled carcass and the slaughter mass.

Data analysis on the content of the flesh and the bones in individual cuts shows that the content of pulp in the ram's hip cut is within 86.2-88.1%, bone-11.9 13.8%, respectively; in the lumbar-81.0-84.5% and 15.5-19.0% and lamb-spinal-67.5-79.1% and 20.9-32.5%. With the content of the pulp with increasing age and bones is reduced. Karachay age hair sheep breed share cuts of the most valuable I grade is steadily increasing both rams and ewes that is associated with the build-up of muscles. Exit first grade at young rams totaled 10.18-21.55 kg (87.8-90.2%), and ewes -8.33-17.30 kg (88.6-90.5%).

C. 91

ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЯИЦ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ В ХОДЕ РЕПРОДУКТИВНОГО ПЕРИОДА

Доктор сельскохозяйственных наук **О.В. ГОРЕЛИК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный аграрный университет, e-mail: olgao205en@yandex.ru»
620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

Кандидат биологических наук **Л.Ш. ГОРЕЛИК**

(ООО «Сибайский мясокомбинат», e-mail: lyalya17071989@mail.ru)
453830, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Сибай, пос. Аркаим,
ул. Сельхозтехника, Сибайский мясокомбинат

Кандидат биологических наук **С.Ю. ХАРЛАП**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный аграрный университет, e-mail: proffuniver@yandex.ru»
620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

Ключевые слова: морфологические показатели качества, белок, желток, скорлупа, качество яиц, куры, взаимосвязь

Пищевое яйцо относится к высокоценным диетическим продуктам питания, так как содержит в своем составе необходимые для организма человека питательные вещества. Очевидно, что теоретической основой в решении данной проблемы является изучение закономерностей изменений качества яиц в ходе яйцекладки и выявление взаимосвязей между морфологическими и физико-химическими показателями яиц. Целью нашей работы явилось изучение пищевых качеств яиц кур кросса «Ломанн-белый» в ходе репродуктивного периода и оценка характера и степени скоррелированности массы яйца с величиной морфологических и физико-химических показателей. Установлено, что абсолютная масса белка изменялась незначительно, но его относительное содержание в яйце снизилось с $56,57 \pm 0,67\%$ на 26-й неделе яйцекладки кур до $53,97 \pm 0,96\%$ на 80-й неделе; относительная масса желтка за этот период возросла с $30,99 \pm 2,47$ до $32,53 \pm 1,00\%$, а скорлупы – с $12,44 \pm 0,89$ до $13,50 \pm 0,89\%$. Эти данные указывают на то, что по мере увеличения массы яиц увеличивается относительное содержание желтка и снижается содержание белка, что и отражается на их соотношении: отношение белка к желтку уменьшается, а желтка к белку, соответственно, возрастает. Следовательно, хотя уровень питательной ценности яйца возрастает в ходе репродуктивного периода, но доля белка и желтка в ее поддержании определяется сроком яйцекладки. Обнаружена статистически значимая корреляционная взаимосвязь во все сроки репродуктивного периода с массой белка, массой желтка, индексом формы и белка. Следовательно, по массе яйца можно судить о величине вышеперечисленных показателей.

P. 91

DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL INDICATORS OF EGG QUALITY AND THEIR RELATIONSHIP DURING THE REPRODUCTIVE PERIOD

Doctor of Agricultural Sciences **O.V. GORELIK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Urals State Agrarian University», e-mail: olgao205en@yandex.ru)
620075, Russian Federation, Ekaterinburg, Karl Liebknecht st., 42

Candidate of Biological Sciences **L.SH. GORELIK**

(OOO "Sibaysky myasokombinat", e-mail: lyalya17071989@mail.ru)
453830, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Sibay, village Arkaim, ul. Selkhoztekhnik,
Sibaysky myasokombinat

Candidate of Biological Sciences **S.YU. KHARLAP**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Urals State Agrarian University», e-mail: proffuniver@yandex.ru)
620075, Russian Federation, Yekaterinburg, K. Libknekht str., 42

Keywords: morphological quality indicators, protein, yolk, shell, egg quality, chickens, interrelation

Food egg refers to high-value dietary food, as it contains in its composition necessary for the human body nutrients.

It is obvious that the theoretical basis in the solution of this problem is the study of the patterns of changes in quality of eggs during egg-laying and the identification of the relationships between morphological and physical and chemical indicators of eggs. The aim of our work was to study the nutritional qualities of chicken eggs of cross "Lomann-white" in the course of the reproductive period and assessing the nature and extent of correlation balance of egg mass with a range of morphological and physical and chemical parameters. It was found that the absolute weight of the protein changed slightly, but its relative content in the egg decreased from $56.57 \pm 0.67\%$ at 26 week of egg-laying to $53.97 \pm 0.96\%$ at 80 week; the relative weight of the yolk during this period increased from 30.99 ± 2.47 to $32.53 \pm 1.00\%$, and the eggshell-from 12.44 ± 0.89 to $13.50 \pm 0.89\%$. These data indicate that as the weight of eggs increases, the relative content of the yolk increases and the protein content decreases, which affects their ratio: the ratio of protein to the yolk decreases, and the yolk to the protein increases accordingly. Consequently, although the level of nutritional value of the egg increases during the reproductive period, but the proportion of protein and yolk in its maintenance is determined by the period of egg-laying. A statistically significant correlation relationship was found in all terms of the reproductive period with protein mass, yolk mass, shape and protein index. Therefore, the weight of the eggs can be judged on the value of the above indicators.

C. 97

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНКУБАЦИИ ЯИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кандидат биологических наук **О.В. ЧЕПУШТАНОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», e-mail: chepushtanova-ov@list.ru)

Доктор биологических наук **Е.В. ШАЦКИХ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», e-mail: evshackih@yandex.ru)

Кандидат биологических наук **И.В. РОГОЗИННИКОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», e-mail: rogozinnikova.irina@yandex.ru)
620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д.42

Ключевые слова: инкубация, оплодотворенность яиц, вывод молодняка, суточный молодняк

Снижение затрат на энергоснабжение, обслуживание и оплату труда имеют большое значение, поэтому руководители птицеводческих предприятий готовы правильно инвестировать в приобретение новых технологий для повышения эффективности системы инкубации, ведь именно в увеличении производства качественных цыплят лежит основа наращивания объемов на существующих производственных площадях. Все это свидетельствует о необходимости изучения и совершенствовании технологии инкубации, используя при этом современное инкубационное оборудование. Для выполнения исследования был проведен производственный опыт. В производственном опыте было задействовано по 28800 шт. инкубационных яиц в опытных группах. Для анализа эффективности инкубации яиц отобрали яйцо от кур кросса «Кобб-500» одного родительского стада, одного продуктивного возраста 240 дней, хранившееся в одинаковых условиях, и заложили в различное инкубационное оборудование фирмы «Chick Master» и фирмы «Petersime». В исследованиях нами получены следующие результаты: увеличивается выводимость яиц на 4,6%, вывод молодняка на 4%, количество кондиционных цыплят на 4,5%, при этом снижается количество слабых цыплят на 2% и «задохликов» на 1,3%, при инкубации яиц на инкубационных машинах фирмы «Petersime» по сравнению с оборудованием «Chick Master». При одинаковом количестве заложенных яиц на инкубацию в инкубационные машины фирм «Petersime» и «Chick Master» (28800 шт.) количество выведенного кондиционного молодняка из инкубационной машины «Petersime» на 1152 гол. больше, что обеспечивает снижение затрат на 1 голову выведенного молодняка на 0,35 руб., при этом дополнительно может быть получено до 40406,53 руб. с одной партии в 28800 шт. яиц при реализации суточного молодняка по цене 30 руб.

P. 97

RESULTS OF EGGS INCUBATION USING DIFFERENT EQUIPMENT

Candidate of Biological Sciences **O.V. CHEPUSHTANOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Urals State Agrarian University», e-mail: chepushtanova-ov@list.ru)

Doctor of Biological Sciences **E.V. SHATSKIH**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Urals State Agrarian University», e-mail: evshackih@yandex.ru)

Candidate of Biological Sciences **I.V. ROGOZINNIKOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Urals State Agrarian University», e-mail: rogozinnikova.irina@yandex.ru)
620075, Russian Federation, Ekaterinburg, K. Liebknecht str., 42

Keywords: incubation, egg fertilization, hatching, hatching, day-old chicks

Reducing the costs of energy, maintenance and labor costs are important, so managers of poultry farms are ready to properly invest in the acquisition of new technologies to improve the efficiency of the incubation system, it is in increasing the production of high-quality chicken lays the foundation to increase the volume of existing production facilities. All of this highlights the need for the study and improvement of technology incubation, using modern incubation equipment. To perform the study was conducted production experience. In manufacturing experience it has been involved for 28,800 pieces of hatching eggs in the experimental groups. To analyze the effectiveness of egg incubation, an egg was taken from the hens of «Cobb-500» cross from one productive age of 240 days, which was stored under the same conditions and laid down in the various incubation equipment of «Chick Master» and «Petersime» companies. In the studies, we obtained the following results: hatching increases by 4.6%, hatching by 4%, the number of standardized chickens by 4.5%, while the number of weaker chickens decreases by 2% and “snagging” by 1.3%, when incubating eggs on “Petersime” incubators compared to “Chick Master” equipment. With the same number of eggs laid for incubation in “Petersime” and “Chick Master” incubation machines (28,800 pcs.), The number of hatching conditioned young animals from the “Petersime” incubation machine is 1152 goals. more, which reduces the cost of 1 head of hatched young stock by 0.35 rubles, while up to 40,406.53 rubles can be additionally obtained. with one batch of 28,800 pcs. eggs when selling young stock at a price of 30 rubles.

С. 102

ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМКИ «ЭЛЕСОЛ» НА КАЧЕСТВО СКОРЛУПЫ КУРИНЫХ ЯИЦКандидат сельскохозяйственных наук **Л.Т. ВАСИЛЬЕВА**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: ludamila51@mail.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2Кандидат ветеринарных наук **С.В. ЩЕПЕТКИНА**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины»,
e-mail: vetsvet77@yandex.ru)
196084, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Черниговская ул., д.5*Ключевые слова: минерально-витаминная подкормка, упругая деформация, мраморность, толщина скорлупы, прочность*

Исследовалось влияние минерально-витаминной подкормки «Элесол» на качество скорлупы яиц более 17 тыс. кур кросса «Хайсекс коричневый» и популяции генофондного стада филиала «Генофонда» ВНИИГРЖ. Для оценки основных показателей качества скорлупы использовались методики и приборы, разработанные на кафедре птицеводства и мелкого животноводства ФГБОУ ВО СПбГАУ.

Исследования влияния подкормки «Элесол» на качественные характеристики скорлупы показали, что использование минерально-витаминной подкормки наиболее эффективно на поголовье кур, качество скорлупы яиц которого ниже 25 мкм по упругой деформации, при прочности скорлупы 3 балла и ниже, и толщине скорлупы не выше 310 мкм. В работе установлено, что на первом этапе исследования качество скорлупы яиц в опытной группе после первой выпойки «Элесола» оказалось выше, чем в контроле: упругая деформация скорлупы в опытной группе снизилась на 1,64%, прочность скорлупы повысилась по сравнению с контролем на 19,04% ($P \geq 0,999$), мраморность скорлупы снизилась на 5,17% ($P \geq 0,999$) и скорлупа у яиц опытной группы стала толще на 3,03%. На втором этапе второго научно-производственного опыта установлено, что при 2-кратном введении подкормки «Элесол» по сравнению с предопытным периодом упругая деформация скорлупы яиц снизилась на 10,59% ($P \geq 0,999$), произошло снижение мраморности скорлупы на 28,57% ($P \geq 0,999$), увеличение прочности скорлупы яиц на 26,09% ($P \geq 0,999$) и толщины её на 11,02% ($P \geq 0,999$), а по сравнению с контролем упругая деформация скорлупы улучшилась на 3,27%, прочность скорлупы – на 20,83% ($P \geq 0,999$), толщина скорлупы – на 6,04% ($P \geq 0,99$) и мраморность – на 3,32%.

P. 102

THE EFFECT OF «ELESOL» ON THE QUALITY OF CHICKEN EGGS SHELLCandidate of Agricultural Science **L.T. VASILIEVA**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: ludamila51@mail.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2Candidate of Veterinary Science **S.V. SHCHPETKINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Veterinary Academy», e-mail: vetsvet77@yandex.ru)

Keywords: mineral and vitamin supplement, elastic deformation, marbling, shell thickness, strength

The effect of mineral and vitamin supplement “Elesol” on the quality of egg shells of more than 17 thousand chickens of the Hisex Brown cross and the population of the gene pool of the VNIIGRZ gene pool was studied. To assess the basic indicators of the quality of the shell, techniques and devices developed at the Department of Poultry and Small Livestock of FSBEI HE SPbSAU were used.

Studies of the effect of “Elesol” on the quality characteristics of the shell showed that the use of mineral and vitamin supplements is the most effective for the hens, the egg shell quality is lower than 25

microns by elastic deformation, with a shell strength of 3 points and lower and a shell thickness not higher than 310 microns. It was found that at the first stage of the study, the quality of the egg shell in the experimental group after the first feeding of "Elesol" was higher than in the control: the elastic deformation of the shell in the experimental group decreased by 1,64%, the strength of the shell increased compared to the control by 19,04% ($P \geq 0.999$), the marbling of the shell decreased by 5,17% ($P \geq 0.999$) and the eggshell in the eggs of the experimental group became 3,03% thicker. At the second stage of the second research and production experience, it was established that with the 2-fold introduction of "Eleso" top dressing compared to the pre-experimental period, the elastic deformation of the egg shell decreased by 10,59% ($P \geq 0.999$), the shell marble decreased by 28,57 % ($P \geq 0.999$), increasing the strength of the egg shell by 26,09% ($P \geq 0.999$), and its thickness by 11,02% ($P \geq 0.999$), and compared to the control, the elastic deformation of the shell improved by 3,27%, shell strength – by 20,83% ($P \geq 0.999$), shell thickness by 6,04% ($P \geq 0.99$), and marbling - by 3,32%.

C. 108

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ПТИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЧЕНОГО ОЛИГОНУКЛЕОТИДНОГО ДНК-ЗОНДА

Доктор биологических наук **В.П. ТЕРЛЕЦКИЙ**

(ВНИИГРЖ, e-mail: valeriter@mail.ru)

Кандидат биологических наук **В.И. ТЫЩЕНКО**

(ВНИИГРЖ, e-mail: tinatvi@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а

Кандидат биологических наук, доцент **Т.Э. ПОЗДНЯКОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: erastovna@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: ДНК-зонд, породы индеек, генетический анализ, популяция

В статье рассматриваются вопросы структуры популяций четырех пород индеек, выявляемой мультилокусным молекулярно-генетическим анализом с использованием меченого олигонуклеотидного зонда. Изложены методические детали работы по проведению и визуализации результатов реакции молекулярной гибридизации ДНК-зонда с геномной ДНК птицы. Геномные технологии анализа успешно используются при изучении эволюционных вопросов, истории создания пород животных, структуры популяций, прогнозировании эффекта гетерозиса и т.д. Полученные результаты рассматриваются с точки зрения истории выведения и совершенствования пород. Установлено, что генетически близкими были бронзовые и белые северокавказские индейки ($D = 0,020$), что хорошо согласуется с известной историей создания белой северокавказской породы, которая была выведена с использованием бронзовой северокавказской птицы. Несколько особняком стоит серебристая северокавказская порода, в создании которой использовали генетически удаленную узбекскую палевую. Внутрипородное генетическое разнообразие изучалось по критерию средней гетерозиготности. В частности, было установлено, что наименьшая гетерозиготность была у серебристой северокавказской ($H = 0,35$), а наивысшая – белой северокавказской породы ($H = 0,62$). Эти данные хорошо коррелируют с ранее полученными значениями по коэффициентам сходства внутри соответствующих пород. Представлена дендрограмма, наглядно показывающая генетические взаимоотношения в изученных группах индеек. Анализ распределения фрагментов ДНК на фильтрах позволил найти фрагменты ДНК, которые являлись специфическими (маркерными) для отдельных пород. Например, фрагмент №16 встречается с частотой 0,91 у белой московской и всего 0,18 – у серебристой северокавказской. Такие фрагменты можно использовать как инструмент при генетической паспортизации пород.

P. 108

**GENETIC ANALYSIS OF BIRDS POPULATIONS
WITH THE USE OF LABELED OLIGONUCLEOTIDE DNA PROBE**Doctor of Biological Sciences **V.P. TERLETSKY**

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (RRIFAGB), e-mail: valeriter@mail.ru)

Candidate of Biological Sciences **V.I. TYSHCHENKO**

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (RRIFAGB), e-mail: tinatvi@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Moskovskoye shosse, 55a

Candidate of Biological Sciences, docent **T.E. POZDNYAKOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: erastovna@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: DNA probe, turkey breeds, genetic analysis, population

The article discusses the structure of populations of four turkey breeds detected by multilocus molecular genetic analysis using a labeled oligonucleotide probe. The methodological details of the work on the accomplishing and visualization of the results of the molecular hybridization reaction of the DNA probe with the genomic DNA in poultry are described. Genomic analysis technologies are successfully used in the study of evolutionary problems, the history of the creation of animal breeds, the structure of populations, the prediction of the effect of heterosis, etc. The obtained results are considered from the point of view of breeding history and improvement of turkey breeds. It was demonstrated that the Bronze and White North Caucasian turkeys ($D = 0.020$) were genetically close, which is in good agreement with the well-known history of the creation of the White North Caucasian breed, which was bred using a Bronze North Caucasian turkey. Somewhat apart is the Silver North Caucasian breed, in the creation of which breeders used the genetically distant Uzbek Buff breed. Intrapopulation genetic diversity was studied by the criterion of average heterozygosity. In particular, it was discovered that the smallest heterozygosity was in the Silver North Caucasian ($H = 0.35$), and the highest - in the White North Caucasian breed ($H = 0.62$). These data correlate well with the previously obtained values for the similarity coefficients within the corresponding populations. A dendrogram is presented that clearly shows the genetic relationships in the studied turkey groups. Analysis of the distribution of DNA fragments on the filters allowed us to identify DNA fragments that were specific (marker) for individual breeds. For example, fragment No. 16 occurs with a frequency of 0.91 in White Moscow and a frequency of only 0.18 in Silver North Caucasus breed. Such fragments can be used as a tool for genetic certification of turkey breeds.

C. 113

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ
У ЧЕЛОВЕКА СПЕЦИАЛЬНО ОБУЧЕННЫМИ СОБАКАМИ**Доктор ветеринарных наук **О.К. СУХОВОЛЬСКИЙ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»)

Директор кинологического центра **А.В. МАМАЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: sokvet@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: собака, дрессировка, рак предстательной железы, летучие органические соединения

В данной статье приводятся результаты эксперимента по обнаружению специально обученными собаками летучих органических соединений, выделяемых раковыми клетками человека. К настоящему времени имеется достаточно много исследований, показывающих, что собаки способны обнаруживать рак по запаху. В связи с тем, что в открытых публикациях акцент делается на результатах исследований, но используемая методика дрессировки собак практически не описывается, нами была поставлена задача разработать и апробировать такую методику самостоятельно, с использованием имеющегося опыта обучения собак поиску и обнаружению целевых запахов (наркотических средств, взрывчатых веществ и пр.). В опыте на базе кинологического центра Санкт-Петербургского государственного аграрного университета участвовали две собаки породы малинуа (бельгийская овчарка) в возрасте двух лет, предварительно прошедшие базовое обучение по поиску и обнаружению взрывчатых веществ. В течение 9 месяцев проведения эксперимента удалось обучить собак выявлять образцы мочи людей больных раком предстательной железы и не сигнализировать на образцах, полученных от здоровых людей. На заключительных этапах работы у собак практически не наблюдались ложные обозначения (уровень надежности выше 90%). Таким образом, результаты данного эксперимента позволяют сделать вывод о возможности обучения собак выявлению летучих органических соединений, характерных для рака предстательной железы у человека.

P. 113

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR IDENTIFYING PROSTATE CANCER IN A HUMAN BY SPECIALLY TRAINED DOGS

Doctor of Veterinary Sciences **O.K. SUKHOVOLSKY**
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University»)

Director of the dog-training center **A.V. MAMAENKO**
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: sokvet@mail.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: dog, training, prostate cancer, volatile organic compounds

The results of the experiment on the detection of volatile organic compounds secreted by human cancer cells by specially trained dogs are given in this article. A lot of research is currently available, showing that dogs are able to detect cancer by smell. Due to the fact that in open publications the emphasis is on the results of the research, while the method used for dog training is practically not described, we set the task to develop and test this method on our own, using our experience in teaching dogs to search for and detect target smells (narcotic drugs), explosives, etc.). In our experience on the basis of the cynological center of the St. Petersburg State Agrarian University, two dogs of the Malinois breed (Belgian Shepherd) at the age of two years, who had previously undergone basic training in the search and detection of explosives, participated. During the 9 months of the experiment, we were able to train the dogs to detect the urine of people with prostate cancer and not to signal on samples obtained from healthy people. At the final stages of the work, the dogs had practically no false signs (reliability level is above 90%). Thus, the results of this experiment allow us to conclude that it is possible to train dogs in identifying volatile organic compounds characteristic of prostate cancer in humans.

С. 118

ПРАКТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯДоктор технических наук, профессор **В.Н. КАРПОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kvn_39@mail.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

Ключевые слова: энергоэффективность, потребительская система, технический элемент, относительная энергоёмкость, действие энергии, дифференцирование энергии

Эффективное использование энергии потребителем является новым понятием, смещающим привычный акцент с *потребляемой* энергии, которая тщательно учитывается и за которую платятся деньги потребителя, на *используемую* в ПЭС энергию, которая может быть получена преобразованием части потребленной энергии, распределена по нескольким ЭТП, но, как правило, не учитывается. Традиционный расчет энергоёмкости продукции не отвечает на вопрос, с какой эффективностью использована потребленная энергия и вся ли она должна оплачиваться. Ответ на этот вопрос дает структурное дифференцирование потребленной энергии на *действующую* потребленную с максимальной эффективностью и *потери*. Задача повышения энергоэффективности ПЭС – минимизация системных потерь относительно действующей энергии. Готовой теоретической базы для такой оптимизации производственных систем нет.

Статья предлагает такую базу и дает метод оценки готовности отраслевых предприятий к решению таких задач с учетом энергетической специфики (потребление естественной фотонной энергии, централизованно поставляемой, автономно вырабатываемой из топлива, не всегда извлекаемой из получаемых биоотходов), технологической специфики производства (стационарные и мобильные технологии, сезонный характер, зависимый от климатических условий), слабой информационной обеспеченности и недостаточной компетентной подготовленности специалистов. Нестабильность условий производства исключает технические возможности обеспечения стабильных показателей энергоэффективности, поэтому основным методом оптимизации предлагается компромиссный, требующий использования современных информационных технологий и вычислительных мощностей.

Р. 118

PRACTICAL MANAGEMENT OF ENERGY EFFICIENCY AT THE ENTERPRISEDoctor of Technical Sciences, Professor **V.N. KARPOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kvn_39@mail.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: energy efficiency, consumer system, technical element, relative energy intensity, energy effect, energy differentiation

Efficient use of energy by the consumer is a new concept, shifting the usual focus from energy *consuming*, which is carefully taken into account and for which the consumer's money is paid, to the energy *using* in the PES, which can be obtained by converting a part of the energy consumed, is not taken into account. The traditional calculation of the energy intensity of products does not answer the question of how efficiently the consumed energy is used and whether all of it should be paid for. The answer to this question is given by the structural differentiation of consumed energy on the *working* consumed with maximum efficiency and *loss*. The task of energy efficiency of PES is to minimize of systemic losses according to the working energy. There is no ready theoretical base for such optimization of production systems.

The article offers such a base and gives a method for assessing the readiness of industry enterprises to solve such problems taking into account energy specifics (consumption of natural photon energy, centrally supplied, autonomously produced from fuel, not always extracted from the received biowaste), technological

specifics of production (fixed and mobile technologies, seasonal nature, dependent on climatic conditions), weak information provision and insufficient competent training of specialists. The instability of production conditions eliminates the technical possibilities of ensuring stable energy efficiency indicators, therefore a compromise method is proposed as the main optimization method, which requires the use of modern information technologies and computing capabilities.

C. 125

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ОТ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВ

Доктор технических наук, профессор **Ф.Д. КОСОУХОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: 4762118@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент **Н.В. ВАСИЛЬЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: profkom_gau@mail.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Соискатель **А.О. ГОРБУНОВ**

(«ООО «Контел», e-mail: spbgau@girtab.su)

191040, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Лиговский проспект, д. 50, к. 10, оф. 36

Ключевые слова: снижение потерь, несинусоидальные токи, критерий потерь, экспериментальные исследования, облучательная установка

На кафедре Электроэнергетики и электрооборудования разработан критерий потерь мощности от несинусоидальных токов. Проведены экспериментальные исследования критерия потерь мощности на физической модели сети 0,38 кВ. По результатам эксперимента рассчитан критерий потерь по двум различным формулам, получена полная сходимость результатов расчёта.

С помощью критерия потерь мощности выполнено исследование потерь от несинусоидальных токов в двух схемах электроснабжения облучательных установок с трансформаторами со схемами соединения обмоток Y/Y_n и Y/Z_n, что позволило определить уровни потерь мощности от несинусоидальных токов в трансформаторах и в линии.

Разработана схема включения ламп в трёхфазную сеть 0,38 кВ с малыми уровнями третьей гармоники и критерием потерь мощности.

P. 125

THE REDUCTION OF POWER LOSS FROM NON-SINUSOIDAL CURRENTS IN RURAL ELECTRIC NETWORKS 0,38 kV

Doctor of Technical Sciences, Professor **F.D. KOSOUKHOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: 4762118@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor **N.V. VASILIEV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: profkom_gau@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Applicant **A.O. GORBUNOV**

(«Ltd., «Kontel», e-mail: spbgau@girtab.su)

191040, Russian Federation, Saint-Petersburg, Ligovsky prospect, 50

Keywords: reduction of losses, non-sinusoidal currents, the criterion of the loss, experimental studies, irradiation plant

At the Department of Electric Power and Electrical Equipment a criterion of power loss from non-sinusoidal currents was developed. Experimental studies of the power loss criterion on the physical model of the 0.38 kV network are carried out. Based on the results of the experiment, the loss criterion was calculated using two different formulas, and the full convergence of the calculation results was obtained.

Using the power loss criterion, the study of loss from non-sinusoidal currents in two schemes of power supply of irradiation plants with transformers with schemes of connection of windings Y/Yn and Y/Zn was carried out, which allowed to determine the levels of power loss from non-sinusoidal currents in transformers and in the line.

The scheme of inclusion of lamps in a three-phase network of 0.38 kV with small levels of the third harmonic and power loss criterion is developed.

C. 135

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРАХ

Доктор технических наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: mysnegana@mail.ru)

Кандидат технических наук **В.С. ВОЛКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: vol9795@yandex.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

Ключевые слова: электромеханические диспергаторы, строение магнитного поля, проектирование

В статье представлены результаты инновационных научных исследований электромеханических диспергаторов, представляющих практическую основу для проектирования энергоэффективных аппаратов для измельчения сельскохозяйственного сырья различного целевого назначения. На современном этапе научного развития тема разработки энергоэффективных диспергаторов, обеспечивающих высокую селективность процесса измельчения сельскохозяйственного сырья, является актуальной. Приведены результаты авторских исследований способа и техники механоактивации, основанных на использовании энергии постоянного по знаку и регулируемого по величине электромагнитного поля, воздействующего на магнитоожигенный слой ферромагнитных размольных элементов рабочего объема аппаратов различного конструктивного исполнения. Особое внимание уделено разработке методических подходов для решения задач проектирования аппаратов с магнитоожигенным слоем ферротел. Особенностью излагаемых расчетных методов является их направленность на решение задач снижения энергоемкости перерабатываемой продукции при одновременном улучшении качественных показателей готовых изделий. Анализ эффективности управления проведен на базе исследований строения магнитного поля в рабочем объеме исследуемых аппаратов. Выявлено, что по высоте рабочего зазора магнитное поле является равномерно-радиальным, причем его параметры (напряженность и индукция) увеличиваются по радиусу устройств к внутренней цилиндрической поверхности, составляющей рабочий объем, по линейному закону. Анализ полученных зависимостей показывает, что при проектировании электромеханических диспергаторов цилиндрических конструкций для обеспечения высоких регулировочных способностей аппаратов корпус необходимо изготавливать из магнитного материала с высоким значением магнитной проницаемости и индуктивности насыщения. Представленные в статье результаты исследований носят прикладной характер и содержат практические рекомендации для совершенствования характеристик существующих в настоящее время электромеханических диспергаторов, внедрение которых в технологические линии позволит повысить энергоэффективность производств отечественной промышленности. Исследования выполнены по научной школе профессора Беззубцевой М.М. «Эффективное использование энергии, интенсификация электротехнологических процессов», зарегистрированной в реестре ведущих научных школ СПб (протокол № 2/13 от 09.12.13).

P. 135

THE STUDY OF THE MAGNETIC FIELD STRUCTURE IN ELECTROMECHANICAL DISPERSANTSDoctor of Technical Sciences **M.M. BEZZUBTSEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: mysnegana@mail.ru);

Candidate of Technical Sciences **V.S. VOLKOV**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: vol9795@yandex.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2*Keywords: electromechanical dispersants, magnetic field structure, design*

The article presents the results of innovative scientific research of Electromechanical dispersants, which provide a practical basis for the design of energy-efficient devices for grinding agricultural raw materials for various purposes. At the present stage of scientific development, the theme of the development of energy-efficient dispersants, providing high selectivity of the process of grinding agricultural raw materials, is relevant. The results of the author's research of the method and technique of mechanical activation, based on the use of energy constant in sign and controlled by the magnitude of the electromagnetic field acting on the magneto-liquid layer of ferromagnetic grinding elements of the working volume of devices of various designs. Special attention is paid to the development of methodological approaches to solving the problems of designing devices with a magneto-fluidized Ferrotel layer. The peculiarity of the presented calculation methods is their focus on solving the problems of reducing the energy intensity of processed products while improving the quality of finished products. The analysis of control efficiency is carried out on the basis of studies of the structure of the magnetic field in the working volume of the studied devices. It is revealed that the height of the working gap of the magnetic field is uniformly radial, and its parameters (voltage and induction) are increased by the radius of the devices to the inner cylindrical surface of the working volume, linearly. The analysis of the obtained dependences shows that in the design of Electromechanical dispersants of cylindrical structures to ensure high adjusting abilities of the devices, the body must be made of a magnetic material with a high value of magnetic permeability and inductance of saturation. The results of the research presented in the article are of applied nature and contain practical recommendations for improving the characteristics of the currently existing Electromechanical dispersants, the introduction of which in the production lines will improve the energy efficiency of domestic industries. The research was carried out at the scientific school of Professor M. M. Bezzubtseva "Efficient use of energy, intensification of electrotechnological processes", registered in the register of leading scientific schools of St. Petersburg (Protocol No. 2/13 of 09.12.13).

C. 142

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОСКОРОСТНЫХ ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОНОРЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМДоктор технических наук **А.П. ЕПИФАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: emeo.kaf@yandex.ru)

Ассистент **Д.Б. КРИЛЬ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: bruder_dan@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: *эффективность, низкоскоростной линейный асинхронный двигатель, монорельсовые транспортные системы*

Работа посвящена поиску путей повышения энергетических показателей КПД и $\cos \varphi$ низкоскоростных ЛАД. Данный тип электрических машин является перспективным для внутреннего монорельсового транспорта в технологических процессах АПК. К снижению этих показателей приводит ряд факторов: 1) низкая скорость перемещения вторичного элемента (ВЭ) или индуктора; 2) краевые эффекты; 3) повышенный ток холостого хода; 4) несинусоидальная форма U и I. Очевидно, что η вносит более существенный вклад в энергетические характеристики ЛАД по сравнению с $\cos \varphi$ (χ), поскольку последний может быть повышен за счёт применения различных мероприятий по компенсации реактивной мощности. Проанализировав все доступные варианты, способствующие повышению эффективности ЛАД, было решено, что новые варианты конструкции ВЭ лучше всего позволят достигнуть поставленной цели. Для выяснения обоснованности выдвинутого решения были проведены расчёты интегральных характеристик низкоскоростного ОЛАД, конструктивные параметры которого частично соответствуют параметрам полномасштабного макета тягового модуля монорельсовой транспортной системы, имеющегося на кафедре «Электроэнергетика и электрооборудование». Полученные результаты расчета показывают, что при исполнении ВЭ в виде короткозамкнутой клетки имеет наилучший КПД по сравнению с другими видами. Также проведен анализ влияния удельной электропроводности ВЭ γ_2 на КПД ЛАД, что позволило установить рациональный диапазон изменения этого параметра.

P. 142

THE EFFICIENCY IMPROVING OF LOW-SPEED LINEAR ASYNCHRONOUS MOTORS OF MONORAIL TRANSPORT SYSTEMS

Doctor of Technical Sciences **A.P. EPIFANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: emeo.kaf@yandex.ru)

Assistant **D.B. KRIL**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: bruder_dan@mail.ru)
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: *efficiency, low-speed linear asynchronous engine, monorail transport system*

This article is devoted for searching ways increasing energetic indexes (efficiency and power factor) low-speed LAM. This kind of electrical machines is very actual for internal monorail transport in technologic processes of AIC. The decrease of these indexes is because of few factors: 1) low speed transporting of second element or inductor; 2) appearance of edge-effects; 3) higher electric current in blank motion regime; 4) non-sinus form of curve U and I. It seems, the η have more solid influence to energetic characteristics LAM in comparison with power factor ($\cos \varphi$), because one may be improved with application different modes of compensation reactive power. Making analysis all of available ways, that allow increase of efficiency LAM, it was decided, that the new special constructions of second element (SE) is best to achievement applying trap. There are made the calculation integral characteristics of low-speed one-side LAM for elucidate basing promoted decision. The construction parameters that were used with calculation, in some moments are corresponded to parameters full-scale model traction module monorail transport system that is in laboratory of chair “Electroenergy and electrical equipment”. The getting calculation results demonstrate the best efficiency if the SE are made in form short-closed squirrel cage in comparison with other forms. Also it was made analyze influence specific conductance of SE γ_2 to efficiency LAM, that allow choose rational range changing of this value.

С. 150

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНОВОГО ЧИСЛА СОСТАВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗАКандидат технических наук, доцент **Р.Т. ХАКИМОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: haki7@mail.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор **О.Н. ДИДМАНИДЗЕ**
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: autotrans@rgau-msha.ru)

Кандидат технических наук, доцент **Е.П. ПАРЛЮК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: autotrans@rgau-msha.ru)
127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Ключевые слова: метановое число, природный газ, сжиженный метан, компонентный состав, инертные газы, теплотворная способность, энергия выделения тепла

Работа посвящена изучению компонентного состава природного газа как в сжиженном, так и в газообразном виде. Анализ проведенных работ показал, что многокомпонентные смеси, состоящие из 4 – 5 и более компонентов, обладают различной детонационной стойкостью. Согласно межгосударственному стандарту с изменением N1 (с поправкой) расчетное октановое число природного газа составляет 105. По различным источникам октановое число природного газа варьируется от 105 до 119 единиц, что дает преимущественную возможность перед традиционными видами топлив.

Анализ результатов исследований работ авторов показал, насколько сильно влияет качество газообразного топлива, в частности, при рассмотрении природного газа с точки зрения выбросов вредных веществ в отработавших газах поршневого двигателя на окружающую среду. С 1960 года фирмой AVL было введено так называемое метановое число (МЧ), по которому можно определить детонационную стойкость топлива и подбирать различные многокомпонентные смеси на основе природного газа. Было также разработано несколько методов для классификации газообразных топлив и их чувствительности к детонации, такие как: AVL, MWM, CARB, GRI, Cummins, Waukesha Knock Index, Wartsila и PKI MN. Все существующие методы направлены на изучение влияния метанового числа на рабочий процесс ДВС для более точного регулирования метановоздушной смеси при проектировании двухтопливного или чисто газового двигателя, работающего по циклу Отто.

Р. 150

DETERMINATION OF THE METHANE NUMBER IN LIQUEFIED NATURAL GAS COMPOSITIONCandidate of Technical Sciences, Associate Professor **R.T. KHAKIMOV**

(Federal State Budgetary Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: haki7@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Corresponding Member of RAS, Doctor of Technical Sciences, Professor **O.N. DIDMANIDZE**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva», e-mail: autotrans@rgau-msha.ru)

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **E.P. PARLYUK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva», e-mail: autotrans@rgau-msha.ru)

127550, Russian Federation, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49

Keywords: methane number, natural gas, liquefied methane, component composition, inert gases, calorific value, heat release energy

Paper is devoted to the study of the composition of natural gas in both liquefied and gaseous form. An analysis of the work carried out has shown that multicomponent mixtures consisting of 4-5 or more components have different detonation resistance. According to the interstate standard with a change in N1 (as amended), the calculated octane number of natural gas is 105. According to various sources, the octane number of natural gas varies from 105 to 119 units, which gives a preferential opportunity over traditional fuels.

Analysis of the research results of the authors' works showed how strongly the quality of the gaseous fuel influences, in particular, when considering natural gas in terms of emissions of harmful substances in the exhaust gases of a piston engine to the environment. Since 1960, the company AVL was introduced the so-called methane number (MCH), which can be used to determine the detonation resistance of the fuel and select various multicomponent mixtures based on natural gas. Several methods have also been developed for classifying gaseous fuels and their detonation sensitivity, such as: AVL, MWM, CARB, GRI, Cummins, Waukesha Knock Index, Wartsila and PKI MN. All existing methods are aimed at studying the effect of the methane number on the working process of the engine for more precise control of the methane-air mixture when designing a dual-fuel or pure gas engine operating in the Otto cycle.

C. 159

РАСХОД МАСЛА – ОСНОВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Доктор технических наук, профессор **Е.И. КУБЕЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ярославский государственный технический университет», e-mail: kubeevei@ystu.ru)
150023, Российская Федерация, г. Ярославль, Московский проспект, 88

Доктор технических наук, профессор **Б.С. АНТРОПОВ**

(ФГКВОУ ВО Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны МО РФ)
150001, Российская Федерация, г. Ярославль, Московский проспект, д. 28

Кандидат технических наук **Р.А. ЗЕЙНЕТДИНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: zra61@mail.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: шейка коленчатого вала, запыленность воздуха, общий расход масла

Расход картерного масла и расход топлива являются важными экономическими показателями двигателя. Одновременно он является основным диагностическим параметром, используемым в АТП для оценки технического состояния деталей ЦПГ двигателей.

В процессе эксплуатации необходимо определить и устранить в двигателе все возможные течи масла наружу. На двигателях ЯМЗ, работающих на автомобилях и тракторах в условиях повышенной запыленности атмосферного воздуха, течи масла отмечаются через уплотнения переднего и заднего концов коленчатого вала, это связано с образованием на шейках вала кольцевой выточки (канавки) глубиной до 0,2 мм.

После их устранения можно диагностировать состояние деталей ЦПГ по расходу картерного масла двигателями при эксплуатации автомобилей и тракторов.

Периодичность замены масла в часах используется в основном при эксплуатации тракторов и сконструированной на их базе различной сельскохозяйственной техники. При эксплуатации автомобилей расход масла определяется по пробегу.

В процессе эксплуатации автомобиля водитель регулярно проверяет уровень масла в картере двигателя с помощью щупа, при необходимости доливая его до верхней метки щупа. Такой расход масла в эксплуатации называется расходом масла на долив (по факту является расходом масла на угар). Когда в эксплуатации идёт речь о расходе масла, то имеется ввиду только расход его на долив.

Общий расход масла двигателем от замены до замены используется в АТП для определения потребности масла для отдельных автомобилей или всего парка на месяц, квартал или год.

P. 159

OIL CONSUMPTION IS THE MAIN OPERATIONAL INDICATOR MOTOR EQUIPMENT

Doctor of Technical Sciences, Professor **E.I. KUBEEV**
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 «Yaroslavl State Technical University», e-mail: kubeevei@mail.ru)
 150023, Russian Federation, Yaroslavl, Moskovsky Prospect, 88

Doctor of Technical Sciences, Professor **B.S. ANTROPOV**
 (FSMEI HE «Yaroslavl Higher Military School of Air Defense»)
 150001, Russian Federation, Yaroslavl, Moskovsky Prospect, 28

Candidate of Technical Sciences **R.A. ZEJNETDINOV**
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: zra61@mail.ru)
 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: crankshaft journal, air dustiness, total oil consumption

Crankcase oil consumption and fuel consumption are important economic indicators of the engine. At the same time, it is the main diagnostic parameter used in road transport companies to assess the technical condition of the cylinder and piston parts.

In the process of operation it is necessary to identify and eliminate in the engine all possible leaks oil outside. On YAMZ engines working at cars and tractors in the conditions of the increased dustiness of atmospheric air, flows of oil are noted through seals of the forward and rear ends of the crankshaft, it is connected with formation on necks of a shaft of an annular groove (groove) depth to 0,2 mm.

After their elimination it is possible to diagnose a condition of details of group of cylinders and pistons on the expense of crankcase oil of engines at operation of cars and tractors.

Periodicity of oil change in watches is used mainly when tractors operation and agricultural machinery constructed on their basis. When using cars, the oil consumption is determined by mileage.

During the operation of the vehicle, the driver regularly checks the oil level in the crankcase with a dipstick, if necessary, topping it to the top mark of the dipstick. This oil flow is in operation and is called the consumption of oil for topping up (in fact, this oil consumption through burning). When in operation there is the oil consumption, it refers only to the consumption of it for the topping.

The total oil consumption of the engine from replacement to replacement, is used in road transport enterprises to determine the need for oil for individual cars or the entire fleet for a month, quarter or year.

C. 166

УБОРКА СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ АКСИАЛЬНО-РОТОРНЫМИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫМИ КОМБАЙНАМИ

Доктор технических наук, профессор **Н.В. АЛДОШИН**
 (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
 e-mail: naldoshin@yandex.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **М.А. МЕХЕДОВ**
 (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»)

Аспирант **МАЛЛА БАХАА**
 (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»)
 127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Ключевые слова: *смешанный посев, способ уборки, аксиально-роторный зерноуборочный комбайн, повреждение зерна, влажность зерна*

Обоснована актуальность смешанных посевов зерновых колосовых и зернобобовых культур. Обозначены преимущества возделывания таких посевов в сравнении с чистыми. Приведены технологические свойства культур, влияющие на процесс их уборки. Рассмотрен технологический процесс работы аксиально-роторных зерноуборочных комбайнов. Приведена их техническая характеристика и особенности эксплуатации. Оценены качественные показатели уборки смешанных посевов аксиально-роторными зерноуборочными комбайнами. Представлены особенности работы аксиально-роторных комбайнов. Рассмотрен вопрос их переоборудования на уборку легкообмолачиваемых культур. Установлены зависимости макро- и микроповреждений зерен колосовых и зернобобовых культур в смешанных посевах при уборке комбайнами с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами. Обоснованы значения технологических параметров зерноуборочного комбайна РСМ-181 «TORUM» на уборке смешанных посевов белого люпина и тритикале. Рекомендованный режим обмолота: зазор между бичами ротора и декой 30-35 мм; частота вращения ротора 400-450 мин⁻¹.

P. 166

HARVESTING OF MIXED CROPS BY AXIAL ROTARY COMBINE HARVESTERS

Doctor of Technical Sciences, Professor **N.V. ALDOSHIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after KA Timiryazev»,
e-mail: naldoshin@yandex.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **M.A. MEHEDOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after KA Timiryazev»)

Postgraduate Student **MALLA BANAA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after KA Timiryazev»)
127550, Russian Federation, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49

Keywords: *mixed crops, method of harvesting, axial rotary combine harvester, grain damage, moisture content of grain*

The relevance of mixed crops of cereal and leguminous crops is substantiated. The advantages of cultivation of such crops in comparison with clean ones are indicated. The technological properties of crops that affect the process of their harvesting are given. The technological process of axial rotary combine harvesters is considered. Their technical characteristics and features of operation are given. The quality indicators for harvesting mixed crops with axial rotary combine harvesters are evaluated. The features of the axial rotary combines are presented. The question of their re-equipment for cleaning easily-threshed crops was considered. The dependences of macro- and micro-damages of grains and leguminous crops in mixed crops during harvesting by combines with axial rotary threshing and separating devices are established. The values of the technological parameters of the combine harvester RSM-181 "TORUM" for harvesting mixed crops of white lupine and triticale are substantiated. The recommended threshing mode: the gap between the rotor whips and the deck is 30 - 35 mm; rotor speed is 400 - 450 min⁻¹.

C. 173

ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СОРТООБРАЗЦА ПОЛБЫ «НАГАЯ»

Доктор технических наук **В.В. МОРОЗОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская ГСХА», e-mail: rector@vgsa.ru)

Кандидат технических наук **М.Б. ТЕЛЬПУК**
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Великолукская ГСХА», e-mail: telpook@vgsa.ru)
182112, Российская Федерация, г. Великие Луки, пр-т. Ленина, д. 2

Ключевые слова: **полба, зерно, псевдооживление, зерновой слой, аэродинамический охладитель**

В связи с необходимостью расширения ассортимента возделываемых культур и растущей потребностью животноводческой отрасли Псковской области в качественных кормах учеными Великолукской ГСХА ведутся исследования новых разновидностей пшеницы, обладающих конкурентными преимуществами. Исследуемый сортобразец полбы «Нагая» имеет потенциал в Нечерноземной зоне, однако его послеуборочная обработка сопряжена с рядом проблем, обусловленных свойствами его зерна. Представлены результаты исследования параметров, характеризующих сортобразец как объект послеуборочной обработки: геометрические размеры единичных зерен, массы 1000 зерен, плотности зерен, зернового слоя. Приведена оценка полученных результатов и их варьирования. На основании полученных значений проведено теоретическое исследование процесса охлаждения зерна после сушки в аэродинамическом охладителе. Полученные результаты указывают на меньшую интенсивность охлаждения в сравнении с одним из традиционно возделываемых сортов пшеницы, обусловленную отличительными показателями сортобразца. В заключение приведены предложения по решению выявленных проблем с учетом особенностей обработки зерна на аэродинамических устройствах.

P. 173

SPECIFICS OF THE AFTER-HARVESTING TREATMENT OF THE «NAGAYA» POLBA VARIETY

Doctor of Technical Sciences **V.V. MOROZOV**
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Velikolukskaya State Agricultural Academy, e-mail: rector@vgsa.ru)
Candidate of Technical Sciences **M.B. TELPUK**
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Velikolukskaya State Agricultural Academy, e-mail: telpook@vgsa.ru)
182112, Russian Federation, Velikiye Luki, Lenin prospect, 2

Keywords: **polba, grain, pseudoliquefaction, grain layer, aerodynamic grain cooler**

In view of the necessity to widen the assortment of crops and the ever growing demand for high-quality fodders in the stock-breeding field of Pskov oblast, researchers from the Agricultural Academy of Velikiye Luki are studying new varieties of wheat. The “Nagaya” polba variety is potentially competitive for the conditions of the Non-Black Soil Zone. However, the after-harvesting treatment of the polba has some particulars owing to grain properties. The present research presents a study of the variety's specifics telling on its after-harvesting treatment, namely, geometry of grains, mass of 1000 grains, grain density and that of the grain layer. Results obtained have been evaluated and limits of their variation have been found out. Based on the results, a theoretical foundation of the after-drying grain cooling process in aerodynamic coolers has been set up. As a result, it turns out that the cooling intensity is lower as compared with the traditionally cultivated wheat varieties. Summing up, the author proposes some solutions to escape the problems discovered when drying grain in aerodynamic coolers.

С. 178

СНИЖЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕКЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРА ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА**Доктор технических наук Г.П. ЕРОШЕНКО**

(Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», e-mail: s.m.bakirov@mail.ru)

Доктор технических наук Д.А. СОЛОВЬЕВ

(Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», e-mail: solovevda@bk.ru)

Кандидат технических наук С.М. БАКИРОВ

(Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», e-mail: s.m.bakirov@mail.ru)

410012, Российская Федерация, г. Саратов, Театральная пл., д. 1

Ключевые слова: электропривод, мощность, дождевальная машина, водораспределительный трубопровод, электродвигатель

В работе рассматриваются варианты снижения мощности за счет конструктивных особенностей секции дождевальной машины кругового действия. Мощность зависит от результирующего веса, который складывается из весов трубопровода, поливной воды и опорной тележки. Длина водораспределительного трубопровода достигает порядка 65 м, и представляется гипотеза о том, что на конце трубопровода возможно уменьшение диаметра без нарушения мелиоративных требований. Приведен расчет наименьшего диаметра в конце водораспределительного трубопровода и другие зависимости мелиоративных параметров по скорости движения потока поливной жидкости и ее давления с протяженностью водораспределительного трубопровода и количеством отводов дождеобразующих устройств. Представлена теория расчета давления на каждом участке трубопровода в зависимости от количества отводов к гибким трубопроводам дождеобразующих устройств. Представлена зависимость давления в начале трубопровода для одной секции, что позволяет в дальнейшем исследовать зависимости мелиоративных с энергетическими параметрами дождевальных машин. Приняв стандартные значения параметров традиционной секции дождевальной машины, установлено, что плавное снижение диаметра по всей длине трубопровода до минимального значения приводит к максимальному снижению мощности электропривода секции на 42%. При этом наблюдается дополнительный эффект в снижении потерь давления в начале трубопровода. Отмечается, что в реальных условиях производства достичь плавного уменьшения диаметра сложно. На основе полученных данных возможно развить теорию ступенчатого уменьшения диаметра.

Р. 178

REDUCING OF THE ELECTRIC DRIVE POWER OF THE SPRINCLER SECTION BY CHANGING OF THE WATER DISTRIBUTION PIPELINE DIAMETER**Doctor of Technical Sciences G.P. EROSHENKO**

(Federal State Educational Institution of Higher Education «Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov», e-mail: s.m.bakirov@mail.ru)

Doctor of Technical Sciences D.A. SOLOVYEV

(Federal State Educational Institution of Higher Education «Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov», e-mail: solovevda@bk.ru)

Candidate of Technical Sciences S.M. BAKIROV

(Federal State Educational Institution of Higher Education «Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov», e-mail: s.m.bakirov@mail.ru)

410012, Russian Federation, Saratov, Teatralnaya pl., 1

Keywords: electric drive, power, sprinkler, water distribution pipeline, electric motor

The paper discusses options for reducing power due to the design features of the circular sprinkler section of the machine. Capacity depends on the resulting weight, which consists of the scales of the pipeline, irrigation water and the support carriage. The length of the water distribution pipeline reaches about 65 m, and it seems to be a hypothesis that at the end of the pipeline it is possible to reduce the diameter without violating the reclamation requirements. The calculation of the smallest diameter at the end of the water distribution pipeline and other dependencies of land-reclamation parameters on the speed of irrigation liquid flow and its pressure with the length of the water distribution pipeline and the number of rain-forming devices are given. A theory is presented for calculating the pressure in each section of the pipeline depending on the number of outlets to the flexible pipelines of the rain-forming devices. The dependence of pressure at the beginning of the pipeline for one section is presented, which makes it possible to further investigate the dependencies of reclamation with the energy parameters of the sprinkler machines. Having accepted the standard values of the parameters of the traditional section of the sprinkler, it was found that a gradual reduction in diameter along the entire length of the pipeline to a minimum value leads to a maximum reduction in the power of the section electric drive by 42%. At the same time, there is an additional effect in reducing the pressure loss at the beginning of the pipeline. It is noted that in actual production conditions, it is difficult to achieve a gradual reduction in diameter. On the basis of the data obtained, it is possible to develop a theory of stepwise diameter reduction.

C. 184

МЕТОДИКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ

Аспирант **С.В. ПЬЯНЗОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»,
e-mail: serega.pyanzov@yandex.ru)

430904, Российская Федерация, Республика Мордовия, г. Саранск, рабочий поселок Ялга,
ул. Российская, д. 5

Ключевые слова: объемный гидропривод, стенд, гидравлическое нагружающее устройство, методика динамической оценки

Анализ состояния современной ремонтной базы предприятий и сервисных центров показывает отсутствие оборудования и достоверных методик диагностирования объемных гидроприводов. В связи с чем вопрос, связанный с созданием новой методики оценки технического состояния объемных гидроприводов и стенда для ее реализации, является актуальным на сегодняшний день. Для решения данной проблемы сотрудники кафедры технического сервиса машин ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н.П. Огарёва» разработали методику динамической оценки технического состояния объемных гидроприводов и стенд с гидравлическим нагружающим устройством, которые позволяют реализовать методику заводов-изготовителей в условиях ремонтных предприятий и в сервисных центрах. Разработанный стенд предназначен для входного и выходного контроля, регулировки и контрольных испытаний и послеремонтной обкатки агрегатов объемного гидропривода (гидронасосов и гидромоторов). Для подтверждения достоверности разработанной методики были проведены испытания по оценке технического состояния объемного гидропривода на примере ГСТ-112. В результате проведенных испытаний нового гидропривода, при номинальных режимах работы, были получены следующие технические характеристики: подача гидронасоса – 210,3 л/мин; расход гидромотора – 198,9 л/мин; развиваемый крутящий момент гидромотора – 395,6 Н·м; давление в линии нагнетания объемного гидропривода – 27,2 МПа; давление в линии управления – 1,39 МПа; давление линии дренажа – 0,25 МПа, общий КПД объемного гидропривода – 0,86. Проведенные испытания показали высокую эффективность предложенных разработок. Внедрение разработанной методики и стенда для ее реализации на ремонтных предприятиях и в сервисных центрах позволит с высокой точностью и достоверностью оценивать техническое состояние объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства.

P. 184

**TECHNIQUE OF DYNAMIC ASSESSMENT OF THE TECHNICAL
CONDITION OF VOLUMETRIC HYDRAULIC DRIVES**Post-Graduate Student **S.V. PYANZOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ogarev Mordovia State National Research University», e-mail: serega.pyanzov@yandex.ru)
430904, Russian Federation, Republic of Mordovia, Saransk, rab. poselok Yalga, ul. Rossijskaya, 5

Keywords: volumetric hydraulic drive, test bench, hydraulic loading device, technique of dynamic assessment

Analysis of the state of the today's repair facilities of enterprises and service centers shows the lack of equipment and reliable methods for volumetric hydraulic drives diagnosing. In this connection the issue related to the establishment of a new methodology for assessing the technical condition of volumetric hydraulic drives and the bench for its implementation is relevant today. To solve this problem the staff of the department of technical service of machines of FSBEI HPE «National Research Ogarev Mordovia State University» developed a method of dynamic assessment of the technical condition of volumetric hydraulic drives and a bench with a hydraulic loading device, which makes it possible to implement the methodology of manufacturing plants in terms of repair facilities and service centers. The developed bench is intended for input and output control, adjustment and control tests and post-repair running-in of units of volumetric hydraulic drive (hydraulic pumps and hydraulic motors). To confirm the validity of the developed methodology tests were carried out to assess the technical condition of the hydraulic drive using the example of the Hydrostatic Transmission-112. As a result of the tests carried out (at nominal operating modes) the following technical characteristics were obtained: hydraulic pump feed - 210.3 l/min; hydraulic motor

consumption – 198.9 l/min; the developed torque of the hydraulic motor is 395.6 N·m; pressure in the discharge line of the volume hydraulic drive – 27.2 MPa; pressure in the control line - 1.39 MPa; pressure of the drainage line – 0.25 MPa, the overall efficiency of the volumetric hydraulic drive – 0.86. The tests have shown high efficiency of the proposed development. The introduction of the developed methodology and the bench for its implementation at the repair facilities and service centers will allow assessing the technical condition of the hydraulic drives of domestic and foreign production with high accuracy and reliability.

C. 192

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРВИЧНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ
ДЛЯ УСЛОВИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**Кандидат технических наук **В.И. ШАМОНИН**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), e-mail: shamonin-75@mail.ru
196625, Россия, Санкт-Петербург, п.о. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3

Ключевые слова: залежные земли, технология восстановления, повышенное увлажнение, агротехнические показатели, почвообрабатывающий агрегат, качество обработки, уплотнение почвы

В статье приведены результаты экспериментальных исследований технологий первичного восстановления залежных земель в условиях повышенного увлажнения Ленинградской области, проведенных на экспериментальной базе «Красная Славянка» Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в весенне-летний период 2018 года.

Научная новизна работы заключается в результатах сравнительной оценки различных технологий первичного восстановления залежных земель по производительности, затратам труда, энергии, качеству технологических процессов и экологических требований к состоянию почв. Основная цель работы – это эффективные методы борьбы с сорной растительностью и уплотнением на начальных стадиях обработки почвы для условий органического земледелия.

Приведены результаты расчета производительности агрегатов, погектарного расхода топлива, затрат труда и энергии на технологические операции по первичному восстановлению залежных земель при традиционной технологии, при рекомендуемой и при перспективной (энергосберегающей) технологиям. Анализ результатов расчетов свидетельствует, что перспективная (энергосберегающая) технология с применением почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 с рабочими органами для глубокого рыхления почвы и кольцевыми рабочими органами для поверхностной обработки почвы более эффективна по сравнению с традиционной и рекомендуемой технологией. Технология обеспечивает эффективную первичную обработку залежных земель с наименьшими затратами труда, энергии и высоким качеством их восстановления, без нарушения экологических требований к состоянию почвы для условий органического земледелия. Технология позволяет более эффективно бороться с уплотнением почвы и сорной растительностью на начальных стадиях ее обработки.

P. 192

**ASSESSMENT OF INDICATORS OF QUALITY AND ENERGY EFFICIENCY
IN THE TECHNOLOGY OF PRIMARY RESTORATION OF FIXED LANDS
FOR CONDITIONS OF ORGANIC FARMING**

Candidate of Technical Sciences **V.I. SHAMONIN**

(Institute of Agroengineering and Ecological Problems of Agricultural Production,
IEPA - branch of FSBI FNATS VIM), e-mail: shamonin-75@mail.ru
196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, pp. Tyarlevo, Filtrovskoye shosse, 3

Keywords: fallow lands, restoration technology, increased moisture, agrotechnical indicators, soil tillage unit, quality of treatment, soil compaction

The article presents the results of experimental studies of technologies for the primary restoration of fallow lands under conditions of increased wetting of the Leningrad Region, carried out on the experimental base “Krasnaya Slavyanka” of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production –

Branch FSMC FNATS VIM in the spring and summer of 2018.

The scientific novelty of the work lies in the results of a comparative assessment of various technologies for the primary restoration of fallow lands in terms of productivity, labor costs, energy, quality of technological processes and environmental requirements for soil conditions. The main goal of the work is effective methods of controlling weeds and compaction in the initial stages of tillage for organic farming conditions.

The results of the calculation of the performance of aggregates, per-hectare fuel consumption, labor and energy costs for technological operations for the primary restoration of fallow lands with the traditional technology, with the recommended and promising (energy-saving) technologies are presented. Analysis of the results of the calculations shows that the promising (energy-saving) technology using the soil-cultivating unit UKPA-2.4 with working bodies for deep loosening of the soil and ring working bodies for surface tillage is more effective compared to the traditional and recommended technology. The technology provides an effective primary treatment of fallow lands with the lowest labor, energy and high quality of their recovery without violating the environmental requirements for the soil condition for organic farming. The technology allows you to more effectively deal with soil compaction and weeds in the initial stages of its processing.

С. 198

**РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАКРЫТОГО
КОМПСТИРОВАНИЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА МЕТОДОМ ИСКУССТВЕННОЙ
АЭРАЦИИ**

Аспирант **М.И. ФАЙЗУЛЛИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Ижевская ГСХА, e-mail: faizullin12@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент **А.Г. ИВАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Ижевская ГСХА, e-mail: ivalgen@inbox.ru)

Ст. преподаватель **Ю.Г. КОРЕПАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Ижевская ГСХА, e-mail: ivalgen@inbox.ru)

426069, Российская Федерация, ПФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, Студенческая, д. 11

Ключевые слова: навозная куча (бурт), компстирование, ферментация, аэробные бактерии, анаэробные бактерии, органическое удобрение

В Российской Федерации объем отходов животноводства составляет примерно 770 млн м³ в год, эта площадь приблизительно равна половине Московской области. Всего из них используют 30% отходов животноводства для внесения в почву в качестве органического удобрения, а остальное загрязняет окружающую среду. В сельском хозяйстве всегда остро стояла проблема утилизации отходов животноводческих ферм, так как навоз является веществом повышенной опасности (II-III класс опасности), оказывающим негативное и патогенное воздействие на окружающую среду. Для повышения урожайности и плодородия почвы в качестве удобрения (перегноя) используются подстилочный и безподстилочный навоз/помет, который также является важнейшим звеном минерального и органического питания почвы. Обеспечение внутренних объемов навозного бурта кислородом обеспечивает ускоренное развитие аэробных бактерий, в процессе жизнедеятельности которых происходит интенсивное нагревание продукта вплоть до температур 60-70°C. За счёт этого уничтожается болезнетворная микрофлора и самообеззараживание навоза в течение 1-2 месяцев. За счёт этого не требуется ворошить весь объем бурта, а также нет необходимости в закупке дорогостоящей специализированной техники. При этом проведены трехфакторные экспериментальные исследования по плану Бокса-Бенкина. Таким образом, получены коэффициенты регрессии и уравнение регрессии при помощи программы «STATGRAPHIC Plus», устанавливающие взаимосвязь температуры в объёме навозного бурта от трех управляемых факторов – влажности соломеннонавозной смеси, числа обработок воздухом в день и числа обработок воздухом в неделю. Для данной зависимости проведены исследования на экстремум и найдены оптимальные значения факторов.

Р. 198

**REGRESSIONAL ANALYSIS OF THE RESEARCH PROCESS OF THE CLOSED COMPOSTING
OF BEDDING MANURE BY THE METHOD OF ARTIFICIAL AERATION**

Postgraduate Student **M.I. FAYZULLIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy»,
e-mail: faizullin12@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **A.G. IVANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy»,
e-mail: ivalgen@inbox.ru)

Senior Lecturer **Yu.G. KOREPANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Izhevsk State Agricultural Academy»,
e-mail: ivalgen@inbox.ru)

426069, Russian Federation, VFD, Udmurt Republic, Izhevsk, ul. Studentskaya, 11

Keywords: manure pile (burt), composting, fermentation, aerobic bacteria, anaerobic bacteria, organic fertilizer

In the Russian Federation, the volume of animal waste is about 770 million m³ per year, this area is approximately equal to half of the Moscow region. It is used only 30% of animal waste to be applied to the soil as an organic fertilizer, and the rest pollutes the environment. In agriculture, there has always been an acute problem of disposal of waste from livestock farms, since manure is a substance of heightened danger (II-III class of danger), which has a negative and pathogenic effect on the environment. To increase the yield and fertility of the soil, bedding and bedding manure / litter are used as fertilizer (humus), which is also an essential element of the mineral and organic nutrition of the soil. Providing the internal volumes of the manure with oxygen ensures accelerated development of aerobic bacteria, during the life of which intensive heating of the product occurs up to temperatures of 60 ... 70 ° C. Due to this, the pathogenic microflora and self-disinfection of manure are destroyed within 1 ... 2 months. Due to this, it is not required to agitate the entire volume of the collar, and there is no need to purchase expensive specialized equipment. In this case, three-factor experimental studies were carried out according to the Box-Benkin plan. Thus, the regression coefficients and the regression equation were obtained using the STATGRAPHIC Plus program, which establish the relationship of temperature in the volume of manure from three controlled factors — the humidity of the straw manure mixture, the number of air treatments per day, and the number of air treatments per week. For this relationship, extremum studies were carried out and optimal values of the factors were found.

C. 203

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СВЧ- ТЕХНОЛОГИЙ

Кандидат технических наук **Е.А. ЛОГАЧЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», e-mail: elena.logacheva2010@yandex.ru)

Кандидат технических наук **В.Г. ЖДАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», e-mail: jdanov.valery@yandex.ru)
355017, Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12

Кандидат технических наук **В.И. ЗОБНИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: zobaik@yandex.ru)
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Ключевые слова: электромагнитные поля, сверхвысокочастотный диапазон, охрана труда

Статья поднимает проблему безопасного внедрения новых технологий с использованием электромагнитных полей СВЧ диапазона. Эксплуатацию СВЧ-установки нельзя свести только к соблюдению правил обслуживания электрооборудования и средств автоматизации. Предлагаемые технологии требуют дополнения в действующие требования охраны труда. С этой целью проведена оценка опасности сельскохозяйственных СВЧ-технологий. Исследования проводились по двум направлениям: плотность потока энергии на рабочем месте оператора, обслуживающего установку по предпосевной обработке семян; коэффициенты отражения различных сельскохозяйственных материалов. Анализ предлагаемых СВЧ-технологий позволил представить классификацию СВЧ-технологий, которая показывает, что к использованию в сельском хозяйстве предлагается наиболее опасный вариант с открытым излучающим устройством.

Установленные частотные зависимости различных сельскохозяйственных материалов при различных влажностях образца показали значительное снижение коэффициентов отражения при самой низкой влажности. Поэтому, с позиции безопасности, наиболее предпочтительной является обработка материалов ЭМП СВЧ в сочетании с традиционной сушкой.

P. 203

**STUDY OF THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL MATERIALS
TO ENSURE THE SAFETY OF MICROWAVE TECHNOLOGIES**Candidate of Technical Sciences **E.A. LOGACHEVA**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Stavropol State Agrarian University»,
e-mail: elena.logacheva2010@yandex.ru)Candidate of Technical Sciences **V.G. ZHDANOV**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Stavropol State Agrarian University»,
e-mail: elena.logacheva2010@yandex.ru)

355018, Russian Federation, Stavropol, Zootekhnicheskii, d. 12

Candidate of Technical Sciences **V.I. ZOBIN**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian
University», e-mail: zobaik.@yandex.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Keywords: electromagnetic fields, microwave range, labor safety

The article raises the problem of safe introduction of new technologies using electromagnetic fields of microwave range. Operation of the microwave unit cannot be reduced to compliance with the rules of maintenance of electrical equipment and automation. The proposed technologies require additions to the existing requirements of labor safety. For this the hazard assessment of agricultural microwave technologies was carried out. The studies were conducted in two directions: the density of the energy flow in the workplace of the operator serving the pre-sowing seed treatment plant; the reflection coefficients of various agricultural materials. The analysis of the proposed microwave technologies allowed to present the classification of microwave technologies, which shows that the most dangerous option with an open emitting device is proposed for use in agriculture.

The established frequency dependences of different agricultural materials at different sample humidity showed a significant decrease in the reflection coefficients at the lowest humidity. Therefore, from a safety point of view, the most preferable is the processing of EMF microwave materials in combination with traditional drying.

Требования к научным статьям, публикуемым в журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета»

Уважаемые коллеги!

Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом издается журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета». С 2007 года журнал включен в утвержденный ВАК Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, где публикуются основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, а также в базу данных международной информационной системы AGRIS, в библиографическую базу данных - Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на официальном сайте ФГБОУ ВО СПбГАУ. Подписной индекс – ВН 017771. Статьям присваивается DOI (цифровой идентификатор объекта). В журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» публикуются статьи по следующим группам специальностей:

- 06.01.00 Агрономия (сельскохозяйственные науки);
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния (сельскохозяйственные науки);
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем (технические науки).

Основные требования к статьям, предоставляемым для публикации в журнале:

1. Статья должна соответствовать основным научным направлениям журнала, а также содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными на современном этапе научного развития.

2. Размер текста статьи должен составлять 7-10 страниц на листах А4, шрифт Times New Roman, шрифт 14, межстрочный интервал – 1,5.

3. В редакционно-издательский отдел необходимо предоставить следующие материалы:

- текст статьи на русском языке в бумажной версии (для сторонних авторов – электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту izvestiya@spbgau.ru) согласно требованиям к структуре и содержанию статьи с обязательным указанием контактных телефонов авторов; **допускается не более 3-х авторов**;

- аннотацию (200 – 250 слов) на русском и английском языках; **ключевые слова (не более 7 слов)** на русском и английском языках; **информацию об авторе** (авторах) статьи на русском и английском языках (электронная почта, место работы, адрес места работы).

Правила оформления статьи:

- номер УДК (12 шрифт светлый);
- ученая степень, (шрифт 12 строчный), **и.о. фамилия** (шрифт 12 жирный прописной);
- место работы (шрифт 12 строчный), e-mail (шрифт 12 строчный) в скобках;
- **название статьи** (шрифт 14 жирный прописной);
- основной текст (шрифт 14 строчный);
- пристатейный библиографический список (шрифт 12 строчный); «**Л и т е р а т у р а**» (шрифт 12 строчный жирный, разреженный);

Текст статьи необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: **введение; цель исследования; материалы, методы и объекты исследования; результаты исследования; выводы** (отмечать подзаголовки жирным шрифтом), библиографический список. *Библиографический список: от 5 до 7* источников, включая иностранные, оформляется общим списком в конце статьи и представляется на русском языке и в **транслитерации (латиницей)**. Литература должна быть оформлена в соответствии с ГОСТом Р 7.0.5-2008. Список составляется в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (в порядке цитирования). Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например [1].

4. Поступившие и принятые к публикации статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования по программе «Антиплагиат» (либо предоставляются по запросу редакции).

5. Статьи, предоставляемые в редакцию, не возвращаются. Сторонние авторы предоставляют лицензионный договор.

6. Стоимость публикации 1 страницы для сторонних авторов – 500 руб., стоимость журнала – 850 руб.

В каждом журнале допускается публикация только одной статьи одного и того же автора.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение поданных авторами материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража экземпляров. Материалы для публикаций принимаются в течение первого месяца квартала. **Подробная информация о журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» на сайте <http://spbgau.ru/izvestiya>**

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Ежеквартальный научный
журнал № 2 (55)

Подписано к печати 25.06.2019 г.
Формат 60×84 1/8. П.л. 31,5. Тираж 500. Заказ 93.
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов
в Издательско-полиграфическом комплексе
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2