

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 52, № 1 (284)

DOI: 10.26898



2022

январь – февраль

Главный редактор – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, руководитель научного направления Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Заместитель главного редактора – Ломбанина Татьяна Александровна, начальник редакционно-издательского отдела Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Редакционная коллегия:

В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.С. Голохваст	член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия
В.Н. Делягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент РАН, д-р вет. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
В.К. Каличкин	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
И.Ф. Храпцов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия
И.Н. Шарков	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	д-р вет. наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	д-р вет. наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Уральск, Казахстан
В.С. Николов	д-р вет. наук, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София, Болгария
Сезай Эркисли	профессор, Университет Ататюрка, Турция
Сейед Али Джохари	профессор, Университет Курдистана, Иран
Сеюн Хван Янг	профессор, Чоннамский национальный университет, Республика Корея



www.sibvest.elpub.ru



Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*. Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *М.Ш. Гаценко*. Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463
Тел./факс (383)348-37-62 e-mail: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 25.03.2022. Формат 60 × 84^{1/8}. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,25.

Уч-изд. л. 14,75. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2022

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2022



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION*

Семендяева Н.В., Морозова А.А., Елизаров Н.В. Умеренно опасные микроэлементы в почвах засоленных агроландшафтов Барабинской равнины

5 Semendyaeva N.V., Morozova A.A., Elizarov N.V. Moderately hazardous microelements in the soils of saline agro-landscapes of the Baraba plain

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Козак Д.К., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С. Изменение биохимических показателей сои в зависимости от условий выращивания

16 Kozak D.K., Ivachenko L.E., Golokhvast K.S. Changes in the biochemical parameters of soybeans depending on the growing conditions

Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н. Сравнение методов оценки технологического качества льноволокнистой продукции

25 Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Kozyakova N.N. Comparison of methods for assessing the technological quality of flax fiber products

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

Тимофеев В.Н., Вьюшина О.А. Испытание наночастиц макро- и микроэлементов на зерновых культурах

37 Timofeev V.N., Vyushina O.A. Testing of macro- and micronutrient nanoparticles on grain crops

ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE

- Инербаев Б.О., Храмцова И.А., 48 Inerbaev B.O., Khramtsova I.A.,**
Инербаева А.Т. Создание селекцион-
ной группы герефордских коров, улуч-
шенных быками канадской репродук-
ции
Inerbaeva A.T. Creation of a breeding
group of Hereford cows improved by
bulls of canadian reproduction

- Третьяков А.М., Боярова Л.И., Чер- 56 Tretyakov A.M., Boyarova L.I.,**
ных В.Г., Кирильцов Е.В. Эндоспа-
разиты благородного оленя (*Cervus*
elaphus xanthopygus) на территории За-
байкальского края
Chernykh V.G., Kiriltsov E.V. Endo-
parasites of red deer (*Cervus elaphus*
xanthopygus) in the Trans-Baikal Terri-
tory

- Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., 63 Fakhrutdinova R.Sh., Afonina I.A.,**
Сыманович О.В., Кинсфатор О.А.,
Сошникова Т.А. Экологически безо-
пасный препарат и традиционный дез-
инфектант при инкубации яиц
Symanovich O.V., Kinsfator O.A.,
Soshnikova T.A. Environmentally safe
preparation and traditional disinfectant in
incubation of eggs

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION, AUTOMATION,
MODELLING AND DATAWARE

- Назаров Н.Н., Некрасова И.В.** Оценка и 70 **Nazarov N.N., Nekrasova I.V.** Evaluation
выбор машинно-тракторных агрегатов
при культивации по энергетическим за-
тратам
Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Evaluation
and selection of machine-tractor units
during cultivation by energy costs

- Щукин С.Г., Головатюк В.А.** К вопросу 81 **Shchukin S.G., Golovatyuk V.A.** On the
определения мощности вибровозбуди-
теля
Shchukin S.G., Golovatyuk V.A. On the
question of determining the vibration ex-
citer power

- Чекусов М.С., Кем А.А., Михаль- 90 Chekusov M.S., Kem A.A., Mixal'czov E.M.,**
цов Е.М., Шмидт А.Н., Даман-
ский Р.В. Возделывание пшеницы в
зависимости от способа посева и вне-
сения азотных удобрений
Shmidt A.N., Damanskij R.V. Wheat
cultivation depending on the method of
seeding and nitrogen fertilizer applica-
tion

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

SCIENTIFIC RELATIONS

- Байрамов С.Ю.** Распространение и возрастная динамика гельминтозов кур в Азербайджанской Республике **100**
- Bayramov S.Yu.** Distribution and age dynamics of chicken helminth infections in the republic of Azerbaijan
- Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А.** Оценка биоцидного действия наночастиц металлов и биоэлементов в одноклеточной эукариотической тест-системе **106**
- Krasochko P.A., Korochkin R.B., Ponas-kov M.A.** Estimation of biocidal effect of metal and bioelement nanoparticles in a unicellular eukaryotic test system

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- К юбилею
Николая Александровича Сурина** **114**
- For the anniversary
of Nikolai Alexandrovich Surin**
- Сибирскому физико-техническому
институту аграрных проблем
СФНЦА РАН – 50 лет** **116**
- Siberia Physical and Engineering Insti-
tute of Agrarian Issues SFSCA RAS is
50 years old**



УМЕРЕННО ОПАСНЫЕ МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ ЗАСОЛЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ

✉ ¹Семендяева Н.В., ^{1,2}Морозова А.А., ²Елизаров Н.В.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия

✉ e-mail: semendyeva@ngs.ru

При освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия особое внимание уделяется изучению эколого-токсикологического и санитарно-гигиенического состояния используемой территории. Особенно это важно для засоленных агроландшафтов, которые широко распространены в Барабинской равнине (Бараба). Исследования проведены в северо-восточной части Барабы в пределах Новосибирской области. Изучены почвы элювиальной (лугово-черноземной), транзитной (черноземно-луговой) и аккумулятивной (солонец глубокий) зон катены. Почвы различались по физико-химическим свойствам и микроэлементному составу. В профиле почв от элювиальной к аккумулятивной зоне увеличивалась щелочность, уменьшилось содержание гумуса и изменялся гранулометрический состав. Эти показатели влияют на микроэлементный состав. Определено содержание умеренно опасных микроэлементов (второго класса опасности): хрома, никеля, кобальта и молибдена. Установлено, что максимальное содержание валового хрома приходится на профиль лугово-черноземной почвы в элювиальной позиции. В пахотном горизонте подвижного хрома менее 0,00001 мг/кг, что не попадает в диапазон определения прибора. Отмечено некоторое передвижение подвижных форм хрома с элювиальной позиции в аккумулятивную. Максимальное содержание валового никеля и кобальта обнаружено в профиле лугово-черноземной почвы, но оно находится в количестве значительно ниже ПДК. По профилю почв валовое содержание никеля и кобальта изменяется незначительно, что свидетельствует об их слабой подвижности. Валовое содержание молибдена в почвах находится в пределах кларка и примерно одинаково по всей глубине. Установлено, что в почвах засоленных агроландшафтов Барабы по катене содержание умеренно опасных микроэлементов никеля и кобальта ниже ПДК и не представляет опасности с эколого-токсикологической точки зрения. Содержание валового хрома и молибдена находится на грани ПДК, поэтому в определенных случаях может возникнуть напряженность эколого-токсикологической обстановки территории. На это следует обращать внимание при сельскохозяйственном использовании засоленных агроландшафтов.

Ключевые слова: микроэлементы, хром, никель, кобальт, молибден, катена, засоленная почва

MODERATELY HAZARDOUS MICROELEMENTS IN THE SOILS OF SALINE AGROLANDSCAPES OF THE BARABA PLAIN

✉ ¹Semendyaeva N.V., ^{1,2}Morozova A.A., ²Elizarov N.V.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: semendyeva@ngs.ru

When developing adaptive-landscape farming systems, special attention is paid to the study of the ecological, toxicological and sanitary-hygienic state of the territory used. This is especially important for saline agro-landscapes, which are widespread in the Barabinskaya plain (Baraba). The studies were conducted in the northeastern part of the Baraba within the Novosibirsk Region. The soils of the eluvial (meadow-chnozem), transit (chnozem-meadow), and accumulative (deep solonetz) zones of the

catena were studied. The soils differed in physicochemical properties and microelement composition. In the soil profile from the eluvial to accumulative zone, alkalinity increased, humus content decreased, and the granulometric composition changed. These indicators affect the microelement composition. The content of moderately hazardous trace elements (hazard class 2): chromium (Cr), nickel (Ni), cobalt (Co) and molybdenum (Mo) were determined. It was found that the maximum content of total chromium falls on the profile of meadow-chernozem soil in the eluvial position. In the arable horizon there is less than 0.00001 mg/kg of mobile chromium, which does not fall within the detection range of the device. Some movement of mobile forms of chromium from the eluvial to accumulative position was noted. The maximum content of total nickel and cobalt was found in the profile of meadow-chernozem soil, but it is in amounts well below the LOC. The total content of nickel and cobalt varies insignificantly across the soil profile, indicating their low mobility. The total content of Mo in soils is within the Clarke range and is approximately the same over the entire depth. It was found that the content of moderately hazardous trace elements of nickel and cobalt in the soils of saline agro-landscapes of Baraba by catena is below the LOC and cannot be a hazard from the ecological-toxicological point of view. The content of total chromium and molybdenum is on the verge of the LOC and therefore, in certain cases, tension in the ecological and toxicological situation of the territory may arise. This should be taken into account in the agricultural use of saline agrolandscapes.

Keywords: microelements, chromium, nickel, cobalt, molybdenum, catena, saline soil.

Для цитирования: Семендяева Н.В., Морозова А.А., Елизаров Н.В. Умеренно опасные микроэлементы в почвах засоленных агроландшафтов Барабинской равнины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 5–15. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-1>

For citation: Semendyeva N.V., Morozova A.A., Elizarov N.V. Moderately hazardous microelements in the soils of saline agrolandscapes of the Baraba plain. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 5–15. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена по государственному заданию СФНЦА РАН и ИПА СО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Авторы выражают благодарность доктору сельскохозяйственных наук Надежде Ивановне Добротворской за помощь в полевых исследованиях.

Acknowledgements

This work was carried out under the state order of SFSCA RAS and ISSA SB RAS with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

The authors are grateful to Nadezhda Ivanovna Dobrotvorskaya, Doctor of Science in Agriculture, for assistance in field studies.

ВВЕДЕНИЕ

Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и точного земледелия потребовало разработки новых, более детальных подходов к использованию почвенного покрова территорий. Данные подходы должны включать всестороннее изучение свойств почв конкретного агроландшафта. При этом особое внимание следует уделять микроэлементному составу, так как он определяет и плодородие, и эколого-гигиеническую обстановку агроландшафта.

В настоящее время для лесостепной зоны разработано агроэкологическое районирование агроландшафтов на примере Новосибирской области¹. В частности, установлено, что в Барабинской равнине (Барабе), которая занимает около 65,5%, или 11,7 млн га Новосибирской области, преобладают засоленные агроландшафты, представленные полугидроморфными и гидроморфными аналогами зональных почв (черноземов) – лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами различной степени солон-

¹Добротворская Н.И., Семендяева Н.В., Понько В.А., Иванова М.И. Методология и методика оценки эколого-ресурсного потенциала агроландшафтов Западной Сибири: методическое пособие. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 99 с.

чаковатости и солонцеватости в комплексе с солончаками, солонцами и солодьями.

В изучении свойств засоленных почв особое место отводится микроэлементам – тяжелым металлам и металлоидам. Они в небольших количествах крайне необходимы растениям, живым организмам, а также человеку, так как входят в состав ферментов, витаминов, липидов и др. Повышенное и пониженное содержание микроэлементов может вызвать различные заболевания.

Цель исследования – изучить содержание умеренно опасных микроэлементов – хрома, никеля, кобальта и молибдена (второй класс опасности)² – в почвах катены засоленного агроландшафта северо-восточной части Барабы в пределах Новосибирской области.

Задачи исследования:

- изучить морфологические и физико-химические свойства почв по катене (элювиальную, транзитную и аккумулятивную позиции);

- определить в почвах содержание и характер передвижения умеренно опасных микроэлементов;

- дать эколого-гигиеническую оценку содержанию умеренно опасных микроэлементов в почвах засоленных агроландшафтов Барабы для животных и человека.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на территории АО «Большеникольское» Чулымского района Новосибирской области. Данная территория представляет собой двухступенчатую озерно-аллювиальную равнину. Северо-восточная ее часть, где проводили исследования, относится к высокой структурно-геоморфологической поверхности, юго-западная – к низкой.

Рельеф северо-восточной части данного района представлен чередованием древних междуречий и лощин стока, вытянутых с северо-востока на юго-запад.

Междуречья плоские, приподнятые над лощинами всего на 5–15 м. Местами здесь

встречаются расплывчатые низкие гряды. Небольшие впадины в ложинах могут быть заняты озерами и болотами. Микрорельеф западный и мелкобугристый, что способствует перераспределению влаги и легкорастворимых солей с гряд в межгрядные понижения³.

Годовое количество осадков колеблется от 225 до 350–400 мм. Гидротермический коэффициент изменяется от 0,6–0,8 до 1,0–1,2. Для Барабы характерна цикличность климата, которая оказывает существенное влияние на состав и свойства почв, особенно на перераспределение легкорастворимых солей. Во время влажных периодов происходит некоторое рассоление почвенных профилей и усиление восстановительных процессов, в засушливые – наблюдаются обратные явления.

Характерная особенность растительного покрова Барабы – смена лесной растительности на степную. Березовые колки паркового типа чередуются с остепняющимися лугами. Остепнение территории приводит к усыханию лесных массивов и засолению почвенного покрова. Периодическое переувлажнение и поднятие минерализованных грунтовых вод способствуют развитию дернового процесса почвообразования и формированию лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых почв различной степени оглеения, засоления, а также развитию почв галогенного процесса почвообразования – солончаков, солонцов и солодей.

В северо-восточной части Барабы в широкой долине р. Карасук были заложены почвенные разрезы по катене (элювиальная, транзитная и аккумулятивная позиции). В них по генетическим горизонтам отобраны почвенные образцы, в которых выполнены следующие виды анализов: гранулометрический состав – по Качинскому, гумус – по Тюрину, величина рН – потенциметрически⁴. Определение валовых и подвижных форм микроэлементов проведено методом атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе ДАЭП (двухлучевой атомно-эмиссион-

²ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических элементов для контроля загрязнения. М., 1983. 12 с.

³Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование: учебное пособие. Новосибирск, 2010. 187 с.

⁴Практикум по агрохимии: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и допол. / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

ный плазмотрон) (см. сноску 4). Подвижные формы соединений хрома, никеля и кобальта извлекали из почв ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Статистическая обработка полученных данных выполнена с применением пакета программ Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении экотоксичности микроэлементов в почве необходимо знать величину pH, содержание гумуса и гранулометрический состав, так как эти показатели определяют геохимические свойства элементов и их соединений. Характеристика данных свойств почв катены представлена в табл. 1.

В элювиальной позиции зональная лугово-черноземная почва до глубины 80 см имеет нейтральную pH – 6,6–6,7, далее – щелочную. На транзитной позиции черноземно-луговая почва щелочная по всему профилю, причем с глубиной щелочность возрастает. В аккумулятивной – солонце глубоком – почва сильно щелочная: в горизонте А (0–20 см) – 9,8, далее pH равна 10 и более. Содержание гумуса

высокое в горизонтах А почв элювиальной и транзитной позициях – 9,7 и 10,8% соответственно. В аккумулятивной – в солонце глубоком – содержание гумуса снижается до 5%, с глубиной резко уменьшается. Гранулометрический состав различный: в лугово-черноземной почве элювиальной позиции в горизонте А среднесуглинистый, с глубиной – тяжелосуглинистый. В транзитной позиции гранулометрический состав черноземно-луговой почвы супесчаный в горизонте А, затем он утяжеляется до легкосуглинистого и далее происходит его дальнейшее утяжеление. Следует отметить, что такой разнообразный гранулометрический состав характерен для почв, сформированных в поймах рек. Похожая ситуация отмечена и в аккумулятивной зоне, но здесь гранулометрический состав более тяжелый – от среднесуглинистого до легкосуглинистого.

Валовое содержание умеренно опасных химических микроэлементов представлено в табл. 2.

Хром относится к биогенным элементам, которые постоянно присутствуют в клетках

Табл. 1. Физико-химические свойства почв катены засоленных агrolандшафтов Барабинской равнины

Table. 1. Physical and chemical properties of catena soils in saline agricultural landscapes of the Baraba plain

Геоморфологическая позиция, № разреза, почва	Горизонт, глубина взятия образца, см	pH _{H₂O}	Гумус, %	Физическая глина, частицы < 0,01%	Краткое название по гранулометрическому составу
Элювиальная, разрез № 1, лугово-черноземная среднесуглинистая	A _{пах} 0–18	6,62	9,67	36,5	Среднесуглинистый
	A ₁ 25–35	6,57	7,74	31,1	»
	AB 50–60	6,26	1,29	53,5	Тяжелосуглинистый
	B ₁ 70–80	6,71	Не опр.	53,9	»
	B _к 110–120	8,40	» »	56,3	»
Транзитная, разрез № 2, черноземно-луговая солончаковая супесчаная	A _д 0–10	7,90	10,75	14,0	Супесчаный
	A ₁ 10–24	8,20	4,51	8,8	Песчаный
	AB 30–40	8,30	1,00	21,4	Легкосуглинистый
	B _с 50–60	8,44	0,55	22,6	»
	A _{погр} 80–90	8,91	0,88	53,3	Тяжелосуглинистый
	B _{погр} 100–110	9,13	0,59	56,1	»
Аккумулятивная, разрез № 3, солонец глубокий солончаковатый тяжелосуглинистый	A 0–20	9,8	5,16	60,6	Среднесуглинистый
	B ₁ 20–30	10,12	2,58	60,2	»
	B ₂ 30–50	10,16	0,86	41,2	Легкосуглинистый
	B ₃ 50–60	10,00	Не опр.	41,2	»
	B ₄ 70–80	10,04	» »	54,6	Среднесуглинистый

растений и животных. Он участвует в синтезе белка в растениях, повышает содержание хлорофилла в листьях. Однако хром высокотоксичный микроэлемент: в небольших количествах он является стимулятором для растений, в больших – ингибитором. При избыточном содержании хром тормозит развитие растений, при очень высоких концентрациях происходит их гибель. Фитотоксичность хрома зависит от валентности, которая определяет его токсичность в почве и доступность растениям. Для растений наиболее доступен Cr^{6+} . Он нестабилен в нормальных почвенных условиях. Обычно в почвах преобладает Cr^{3+} , соединения которого слабо растворяются в кислой среде [1]. В щелочной среде происходит окисление Cr^{3+} до Cr^{6+} с образованием растворимых хроматов. Трехвалентный хром хорошо по-

глощается почвой, поэтому он обладает малой токсичностью.

В почве ПДК Cr^{3+} равно 100 мг/кг, Cr^{6+} – 0,05 мг/кг [2]. Кларк хрома в земной коре равен 200 мг/кг [3], однако валовое содержание его в почвах мира варьирует в широких пределах [4]. В процессе детального изучения кларк хрома менялся в основном в сторону уменьшения [5]. Установлено, что в почвах содержание валового хрома возрастает от сельских поселений (50–58 мг/кг) к городам с развитой индустриальной промышленностью (90–100 мг/кг). Избыток хрома резко снижает биологическую активность почв.

В почвах изученной катены в элювиальной позиции валовое содержание хрома в пахотном горизонте лугово-черноземной почвы составляло 79,5 мг/кг, подвижного – менее 0,00001 мг/кг, что ниже диапазона определения прибора. С глубиной содержа-

Табл. 2. Профильное распределение валового содержания умеренно опасных микроэлементов в почвах засоленных агроландшафтов Барабы

Table. 2. Profile distribution of the total content of moderately hazardous microelements in the soils of saline agricultural landscapes of the Baraba plain

Геоморфологическая позиция разреза, почва	Горизонт, глубина взятия образца, см	Микроэлементы, мг/кг почвы					
		Хром		Никель		Кобальт	Молибден
		валовой	подвижный	валовой	подвижный	валовой	валовой
Элювиальная, разрез № 1, лугово-черноземная среднесуглинистая	A _{пах} 0–18	79,5	0,0	50,1	0,02	14,6	1,24
	A ₁ 25–35	109	«0,1	52,1	0,03	17,6	2,32
	AB 50–60	107	0,12	66,7	0,04	16,3	2,5
	B ₁ 70–80	141	0,12	58,3	0,04	13,4	2,03
	B _к 110–120	102	0,15	51,9	0,04	10,9	2,31
Транзитная, разрез № 2, черноземно-луговая солончаковая супесчаная	A _л 0–10	51,0	0,14	50,5	«0,01	15,4	3,85
	A ₁ 10–24	66,0	0,14	58,7	0,01	13,3	2,77
	AB 30–40	48,2	0,15	36,4	0,01	7,4	1,83
	B _ч 50–60	50,8	0,18	32,9	0,01	7,0	2,22
	A _{погр} 80–90	92,0	0,13	52,1	0,02	15,6	1,84
	B _{погр} 100–110	59,8	0,13	47,1	0,03	11,8	1,88
Аккумулятивная, разрез № 3, солонец глупобокый солончаковатый тяжелосуглинистый	A 0–20	74,4	0,32	44,2	0,060	9,9	2,25
	B ₁ 20–30	56,7	0,31	47,4	0,040	10,5	1,31
	B ₂ 30–50	77,1	0,13	43,6	0,020	10,5	2,79
	B ₃ 50–60	83,4	0,21	44,4	0,014	10,5	1,85
	B ₄ 70–80	87,4	0,17	40,1	0,014	8,5	2,02
Кларк [3]		200		40		10	2,0
ПДК ⁵		100		50		50	5,0

⁵Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. Издание специальное. М.: Изд-во Госкомсанэпиднадзора России. 1991. 18 с.

ние валового хрома возрастало до 141 мг/кг. Заметного передвижения его по катене не установлено, в транзитной зоне количество с глубиной менялось от 51 до 92 мг/кг. В аккумулятивной зоне валового хрома несколько больше, чем в транзитной, но ниже, чем в элювиальной. Отмечена тенденция незначительного передвижения подвижного хрома из элювиальной в аккумулятивную зону, что, по нашему мнению, связано с передвижением илестых частиц и гумуса с поверхностными водными потоками.

Полученные результаты по содержанию валового хрома в почвах засоленных агроландшафтов Барабы свидетельствуют о том, что его передвижение по катене незначительно. Однако подвижность хрома в верхних гумусовых горизонтах возрастает от элювиальной позиции через транзитную к аккумулятивной за счет увеличения величины рН и передвижения илестых частиц с поверхностными водами. В аккумулятивной зоне происходит его накопление. Содержание как валового, так и подвижного хрома в почвах катены находится ниже ПДК и не способствует загрязнению окружающей среды.

Никель в микроколичествах необходим растениям и живым организмам. Он ускоряет выведение растений из состояния покоя, способствует передвижению азота и прорастанию семян, влияет на активность уреазы. Никель стимулирует фотосинтез, способствует образованию спиральной структуры нуклеиновых кислот, влияет на поглощательную способность корней растений. Однако при его повышенном содержании в почвах происходит угнетение роста растений, в листьях снижается количество хлорофилла [6].

Кларк никеля в почвах равен 40 мг/кг. ОДК (ориентировочно допустимое количество) его валового содержания в песчаных и супесчаных почвах составляет 20 мг/кг, в суглинистых и глинистых (кислых) – 40, суглинистых и глинистых (нейтральных) – 80 мг/кг. ОДК обменной формы (ацетатно-аммонийный буфер, рН – 4,8) – 4 мг/кг почвы [7]. В почвах никель сосредоточен в илестой фракции, как правило, обогащенной монтмориллонитом. С органическим веществом

никель образует растворимые хелатные соединения. Установлено, что по почвенному профилю никель хотя и слабо, но мигрирует в катионной форме в виде истинных растворов, соединений в коллоидной форме и в виде механических взвесей [7]. По данным С.В. Лукина [1], валовое содержание никеля в черноземах Белгородской области равно около 25 мг/кг и с глубиной достоверно не меняется. В Новосибирской области валового никеля в зональных почвах больше – от 32 мг/кг почвы в гумусовых горизонтах до 43–45 мг/кг и более в засоленных ландшафтах [7].

В частности, в профиле почв изучаемой катены в элювиальной позиции содержится наибольшее количество валового никеля: в гумусовом слое – 50,1–52,1 мг/кг почвы; в горизонтах АВ и В возрастает до 66,7–58,3, на глубине 110 см снова снижается до 52 мг/кг (см. табл. 2). В транзитной зоне его содержание в гумусовом слое почвы примерно такое же, как и в элювиальной, и с глубиной понижается. В аккумулятивной зоне наблюдается тенденция к увеличению валового содержания никеля по сравнению с транзитной зоной. Содержание валового никеля в почвах засоленного агроландшафта несколько выше кларка, но значительно ниже ПДК.

Содержание подвижных форм никеля наибольшее в лугово-черноземной почве. По всему профилю оно примерно одинаково, лишь в горизонте А его несколько меньше. В аккумулятивной позиции в верхних гумусовых горизонтах обнаружено большее количество подвижного никеля, что свидетельствует об его передвижении из элювиальной зоны через транзитную, а также некоторое накопление в аккумулятивной.

Таким образом, в изучаемом засоленном агроландшафте Барабы не обнаружено недостатка или избытка никеля. Однако в аккумулятивной позиции возможно его накопление за счет передвижения соединений никеля с поверхностными водами, на что указывают исследования В.Б. Ильина и А.И. Сысо [7]. Никель геохимически связан с кобальтом, так как их атомные массы близки [1].

Кобальт принимает активное участие в физиологических процессах раститель-

ных и живых организмов. Он значительно усиливает азотфиксирующую способность микроорганизмов, синтез хлорофилла, белков и углеводов. Способствует образованию витамина B_{12} , крайне необходимого для живых организмов⁶ [8]. Кларк кобальта равен 10 мг/кг [3, 8, 9]. В почвенном покрове его распределение зависит от состава материнской породы, в почвенном профиле – от содержания физической глины, илистой фракции, оксидов железа и органического вещества, так как эти показатели способны фиксировать и накапливать кобальт. Установлено, что доля веществ, способных фиксировать кобальт в почвах в неподвижные и малоподвижные соединения, составляет 95% от его валового содержания. В природных средах кобальт может находиться в двух состояниях окисленности – Co^{2+} и Co^{3+} , а также в виде комплексного соединения $Co(OH)^{3-}$. Ионы Co^{2+} и Co^{3+} практически полностью фиксируются почвенным поглощающим комплексом, в почвенном профиле более подвижными являются комплексные соединения $Co(OH)^7$ (см. сноски 2–6).

Среднее содержание кобальта в растениях составляет 0,01–0,6 мг/кг сухого вещества. В бобовых растениях его больше, чем в злаковых [10]. При содержании кобальта в почвах менее 5 мг/кг отмечен его недостаток в травянистой растительности. У животных при этом начинают проявляться признаки авитаминоза, замедляется образование гемоглобина, нуклеиновых кислот, белков, появляется эндемический зоб. Критический уровень содержания кобальта в растениях для нормального развития животных равен 0,08–0,1 мг/кг сухой массы растений [3, 11]. Внешний недостаток кобальта в растениях проявляется аналогично нехватке азота – хлорозе листьев, замедлении роста растений и коротком цикле развития.

В природных условиях избыток кобальта в почвах встречается редко. Обычно он накапливается в краях и кончиках листьев,

они белеют и отмирают. Избыток кобальта отрицательно сказывается на животных. Максимально допустимая его концентрация в травах не должна превышать 60 мг/кг сухого вещества.

Токсичность кобальта проявляется в снижении содержания витамина B_{12} и отсутствии плодоношения.

По данным В.Б. Ильина и А.И. Сысо, для почв Новосибирской области в Барабе и в Приобье характерно высокое валовое содержание микроэлементов, что связано с их тяжелым гранулометрическим составом и высоким содержанием гумуса, особенно в лугово-черноземных почвах, а также в засоленных (солонцах и солончаках). В частности, ими установлено, что для почв Барабы характерно повышенное и высокое содержание кобальта [7].

В изученных почвах катены наибольшее содержание валового кобальта сосредоточено в лугово-черноземной почве элювиальной позиции. Его максимум приходится на горизонты А и АВ и соответственно составляет 17,6–16,3 мг/кг почвы (см. табл. 2). В горизонте $A_{\text{пах}}$ содержание валового кобальта несколько ниже, чем в горизонте A_1 , что, вероятно, связано с его передвижением в транзитную зону с водными потоками, содержащими илистые частицы и гумус. Согласно нормативам (см. сноску 5), данное содержание кобальта в почве является высоким и очень высоким (10–15 и 15–22 мг/кг). В нижних горизонтах оно снижается до 13–10 мг/кг. В транзитной зоне черноземно-луговой почвы в верхних гумусовых горизонтах содержание кобальта, несмотря на легкий гранулометрический состав, высокое – 15,4–13,3 мг/кг. Это связано с его передвижением из верхних позиций в нижние, где значительная часть кобальта поглощается, по всей вероятности, органическим веществом почвы. В горизонтах АВ и B_q количество валового кобальта резко снижается до 7 мг/кг сухой почвы. В погребенной

⁶Протопопова Л.Г. Поведение кобальта в системе почва – растения и эффективность кобальтовых удобрений в условиях алтайских равнин и предгорий: дис. ... канд. с.-х. наук. 2002, 232 с.

⁷Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 232 с.

почве его содержание снова возрастает и приближается к содержанию в верхних горизонтах. Данное явление свидетельствует о слабом передвижении кобальта по катене. Он практически весь закрепляется в верхних горизонтах почвы транзитной зоны. В аккумулятивной зоне по всему профилю солонца глубокого валовое содержание кобальта распределено примерно одинаково. Его накопления на какой-либо глубине не обнаружено, хотя валовое количество кобальта согласно градации высокое. Как отмечалось ранее, в щелочной среде подвижность кобальта резко падает, о чем наглядно свидетельствуют полученные нами данные. Подвижного кобальта в исследуемых почвах менее 0,00001 мг/кг, за исключением горизонта А солонца глубокого (0,0118 мг/кг).

Таким образом, все почвы катены засоленных агроландшафтов Барабинской равнины содержат повышенное и высокое содержание валового кобальта. Несмотря на его высокое содержание, он не является загрязнителем окружающей среды (ПДК = 50 мг/кг) и не усугубляет в настоящее время санитарно-гигиеническую ситуацию в засоленных агроландшафтах.

В почвах содержание валового молибдена находится в пределах 0,013–17 мг/кг, среднее значение (кларк) составляет 2 мг/кг [3, 12]. С.Ф. Спицина и др. [13] установили, что для почв Алтайского края характерно низкое содержание валового молибдена (0,1–1,2 мг/кг), что связано с его низким валовым содержанием в почвообразующих породах (0,2–1,4 мг/кг почвы). В верхних гумусовых горизонтах валового молибдена больше за счет биогенного накопления [13]. По данным В.Б. Ильина и др. [14], концентрация молибдена на юге Западной Сибири значительно выше и составляет в среднем около 4,3 мг/кг. Следовательно, почвы здесь характеризуются высоким содержанием данного элемента, тогда как почвы Алтайского края нуждаются во внесении молибденсодержащих микроудобрений.

Среднее содержание молибдена в растениях колеблется в пределах 0,0005–0,002%. Молибден является важным и необходимым

химическим элементом для растений и живых организмов, входит в состав ферментов, отвечающих за азотный обмен, улучшает поглощение растениями фосфора, входит в состав нитрогеназы, которая обеспечивает рост и развитие бобовых и овощных культур. Во время вегетации молибден накапливается в молодых органах растений, в конце вегетации сосредотачивается в семенах. Доступность молибдена для растений зависит от величины рН. В кислых почвах его соединения нерастворимы, в щелочных – доступны растениям. Установлено, что значительная часть молибдена в почве связана с органическим веществом и водными оксидами железа [7].

Как свидетельствуют полученные нами данные (см. табл. 2), в почвах изучаемой катены во всех геоморфологических позициях содержание молибдена находится в пределах кларка – около 2 мг/кг сухой почвы. Отмечено лишь небольшое его накопление в верхнем гумусовом слое за счет повышенного содержания в нем органического вещества [13]. Наши данные несколько отличаются от данных В.Б. Ильина и др. [14, 15], что объясняется высокой щелочностью почв засоленных агроландшафтов (до 10 и более), при которой соединения молибдена становятся подвижными.

Ю.А. Азаренко [16] при изучении подвижных форм микроэлементов в почвах Омского Прииртышья установлено, что наибольшее количество подвижного молибдена находится в солонцах. Далее следуют черноземы, наименьшее количество данного элемента приходится на дерново-подзолистые почвы. Как отмечает автор, в профиле черноземов и лугово-черноземных почв происходит накопление данного элемента в верхних гумусовых горизонтах, уменьшение в горизонтах В и В_к, затем его содержание снова возрастает за счет растворимости данного элемента в щелочной среде.

Таким образом, в почвах засоленных агроландшафтов северо-восточной части Барабы в пределах Новосибирской области валовое содержание молибдена находится в пределах кларка Земли. Наибольшее его

количество приходится на гумусовый слой, в котором молибден закрепляется органическим веществом почвы. Согласно утвержденным санитарно-гигиеническим нормам, его содержание в почвах катены не является опасным для здоровья животных и человека.

Статистическая обработка материала. При использовании корреляционного анализа микроэлементного состава и физико-химических свойств почв выявлена прямая связь между концентрацией гумуса и валовым содержанием кобальта. В элювиальной и транзитной позициях коэффициент корреляции составил 0,55, в аккумулятивной корреляционная связь слабее ($r = 0,18$). По катене между концентрацией гумуса и валовым содержанием хрома зафиксирована обратная корреляционная связь. В элювиальной зоне коэффициент корреляции равен 0,65, транзитной – 0,25, аккумулятивной – 0,53. Кроме того, между содержанием физической глины (частицы $< 0,01\%$) и подвижным никелем выявлена тесная корреляция во всех позициях. Коэффициент корреляции менялся от 0,83 в элювиальной зоне до 0,92 в транзитной и 0,74 в аккумулятивной.

ВЫВОДЫ

1. Изучаемый участок северо-восточной части Барабинской равнины в пределах Новосибирской области является типичным для данной геоморфологической позиции, что позволяет полученные результаты исследований переносить с большой вероятностью на сопредельные территории. Характерная особенность исследуемой территории – наличие в элювиальной зоне катены лугово-черноземных почв, в транзитной – черноземно-луговых различной степени солонцеватости и солончаковатости. В аккумулятивной зоне могут сформироваться солонцы, лугово-болотные и даже болотные почвы различной степени солончаковатости и солонцеватости.

2. Физико-химические свойства почв катены меняются от элювиальной зоны к аккумулятивной следующим образом: pH в профиле почв возрастает от элювиальной позиции к аккумулятивной. Если в лугово-

черноземной почве она нейтральная (в материнской породе щелочная), то в солонце глубоком – сильно щелочная (pH 10 и более). Содержание гумуса в горизонтах А высокое, в горизонтах В оно резко снижается.

3. Гранулометрический состав почв по генетическим горизонтам меняется существенно, что характерно для почв, сформированных на аллювиальных отложениях. Он в значительной степени определяет элементный состав почв.

4. В элювиальной позиции катены в профиле лугово-черноземной почвы минимальное содержание валового хрома приходится на горизонт $A_{\text{пах}}$ – 79,5 мг/кг сухой почвы. Глубже по профилю оно возрастает до 102–141 мг/кг и находится в пределах выше ПДК. Некоторое передвижение хрома по профилю имеет место.

5. Максимальное количество валового никеля и кобальта приходится также на профиль лугово-черноземной почвы, но оно находится в пределах значительно ниже ПДК. От элювиальной к аккумулятивной позиции валовое содержание этих элементов уменьшается. Их количество по профилю почв изменяется слабо, что свидетельствует об их слабой подвижности. Валовое содержание молибдена в изучаемых почвах находится в пределах кларка и примерно одинаково по всей глубине.

6. В изученных засоленных агроландшафтах в почвах по катене содержание никеля и кобальта ниже ПДК и не представляет опасности с эколого-токсикологической точки зрения. Валовое содержание хрома и молибдена находится в пределах ПДК и в определенных случаях может вызвать напряженность эколого-токсикологической обстановки территории. Это следует учитывать при сельскохозяйственном использовании засоленных агроландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин С.В. Хром и никель в почвах Белгородской области // Агрохимический вестник. 2012. № 6. С. 5–6.
2. Лукин С.В. Мониторинг содержания хрома в сельскохозяйственных культурах и почвах //

- Достижения науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 54–55.
3. *Водяницкий Ю.Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах: монография. М.: Издательство Почвенного института им. В.В. Докучаева, 2008. 85 с.
 4. *Протасова Н.А., Щербakov А.П.* Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья: монография. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 2003. 368 с.
 5. *Bowen H.J.M.* Environmental chemistry of elements. N. J.: Acad. Press, 1979, 333 p.
 6. *Обущенко С.В., Гнеденко В.В.* Мониторинг содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Самарской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 30–34.
 7. *Ильин В.Б., Сысо А.И.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2001. 229 с.
 8. *Елисеева Н.В., Зубкова Т.А., Чехович Э.Е.* Содержание и групповой состав соединений кобальта в почвах рисовых полей Кубани и в других почвах России // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 32–36.
 9. *Алексеев В.В.* Геохимия ландшафта и окружающая среда: монография. М.: Наука, 1990, 142 с.
 10. *Каталымов М.В.* Микроэлементы и микроудобрения: монография. М.: Химия, 1965. 332 с.
 11. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: монография; перевод с английского. М.: Мир, 1989. 439 с.
 12. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах: монография. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 235 с.
 13. *Спицина С.Ф., Томаровская А.А., Освальд Г.В.* Поведение молибдена в системе почва – растения на территории Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 2. С. 53–57.
 14. *Ильин В.Б., Сысо А.И., Конарбаева Г.А., Байдина Н.Л., Черевко А.С.* Содержание тяжелых металлов в почвообразующих породах юга Западной Сибири // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1086–1090.
 15. *Ильин В.Б., Сысо А.И.* Почвенно-геохимические провинции в Обь-Иртышском междуречье: причины и следствия // Сибирский экологический журнал. 2001. Т. 13. № 2. С. 111–118.
 16. *Азаренко Ю.А.* Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва – растения в условиях юга Западной Сибири: монография. Омск: Вариант – Омск, 2013. 232 с.
- ## REFERENCES
1. Lukin S.V. Chrome and nickel in soils in Belgorod region. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2012, no. 6, pp. 5–6. (In Russian).
 2. Lukin S.V. Monitoring of the chromium content in crops and lands. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2011, no. 6, pp. 54–55. (In Russian).
 3. Vodyanitsky Yu.N. *Heavy metals and metalloids in soils*. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Publishing, 2008, 85 p. (In Russian).
 4. Protasova N.A., Shcherbakov A.P. *Trace elements (Cr, V, Ni, Mn, Zn) in chernozems and gray forest soils of the Central Chernozem Region*. Voronezh, Voronezh State University Publishing House, 2003, 368 p. (In Russian).
 5. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of elements, N, J. Acad. Press, 1979, 333 p.
 6. Obushchenko S.V., Gnedenko V.V. Monitoring of micronutrient and heavy metal content in soil of Samara region. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2014, no. 7, pp. 30–34. (In Russian).
 7. Ilyin V.B., Syso A.I. *Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region*. Novosibirsk, Publishing House of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001, 229 p. (In Russian).
 8. Eliseeva N.V., Zubkova T.A., Chekhovich E.E. Content and group composition of cobalt compounds in soils of rice fields of Kuban and other soils of Russia. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2013, no. 2, pp. 32–36. (In Russian).

9. Alekseenko V.V. *Geochemistry of landscape and environment*. Moscow, Nauka Publ., 1990, 142 p. (In Russian).
10. Katalymov M.V. *Microelements and micro-fertilizers*. Moscow, Chemistry Publ., 1965, 332 p. (In Russian).
11. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Trace elements in soils and plants*: translated from English. Moscow, Mir Publ., 1989, 439 p. (In Russian).
12. Vinogradov A.P. *Geochemistry of rare and trace elements in soils*. Moscow, Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1957, 235 p. (In Russian).
13. Spitsina S.F., Tomarovskaya A.A., Oswald G.V. Behavior of molybdenum in soil – plant system in the Altai Region. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2014, no. 2, pp. 53–57. (In Russian).
14. Il'in V.B., Syso A.I., Konarbaeva G.A., Baidina N.L., Cherevko A.S. Heavy metal contents of soil-forming rocks in the south of Western Siberia. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2000, no. 9, pp. 1086–1090. (In Russian).
15. Ilyin V.B., Syso A.I. Soil-geochemical provinces in the Ob-Irtysh interfluvium: causes and consequences. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal = Sibirskiy Ekologicheskii Zhurnal*, 2001, vol. 13, no. 2, pp. 111–118. (In Russian).
16. Azarenka Yu.A. *Patterns of content, distribution, relationships of microelements in the soil-plant system in the conditions of the south of Western Siberia*. Omsk, Omsk Publ., 2013. 232 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Семендяева Н.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: semendyeva@ngs.ru

Морозова А.А., инженер, младший научный сотрудник; e-mail: valeri_170886@mail.ru

Елизаров Н.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: elizarov_89@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nina V. Semendyaeva**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher, Professor; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: semendyeva@ngs.ru

Anna A. Morozova, Engineer, Junior Researcher; e-mail: valeri_170886@mail.ru

Nikolay V. Elizarov, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: elizarov_89@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 30.11.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022



ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

✉ ¹Козак Д.К., ¹Иваченко Л.Е., ²Голохваст К.С.

¹Благовещенский государственный педагогический университет

Благовещенск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: dasha_chernishuk@mail.ru

Представлены результаты анализа изменений биохимических показателей сои в зависимости от условий выращивания. Объектом исследования служили образцы сои (*Glycine max* (L.) Merr) сорта Лидия и дикой сои (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) формы КА-1344, выращенные на естественных почвах (контрольной и с повышенным содержанием тяжелых металлов). Анализ проводили в листьях, стеблях, корнях, цветках и семенах культурной и дикой сои в фазу первого тройчатого листа, цветения и плодоношения. Содержание малонового диальдегида и удельной активности кислой фосфатазы определяли спектрофотометрическим методом, активность пероксидазы – колориметрическим, содержание цинка, меди и свинца – атомно-абсорбционным. Электрофоретические спектры кислой фосфатазы выявляли методом электрофореза на колонках 7,5%-го полиакриламидного геля. Выявление на геле зон с ферментативной активностью проводили соответствующими гистохимическими методами. Установлено, что выращивание сои на почве с повышенным содержанием цинка, меди и свинца приводит к их накоплению в ее органах. Наибольшее содержание исследуемых металлов установлено в корнях. Выращивание сои на почве с повышенным содержанием цинка, меди и свинца привело к увеличению удельной активности пероксидазы в ее органах. При этом содержание малонового диальдегида у культурной сои достоверно увеличивалось лишь в стеблях в фазу первого тройчатого листа и в корнях в фазу цветения, у дикой сои – в листьях, стеблях и корнях в фазу первого тройчатого листа и в стеблях в фазу цветения. Выявлено, что максимальной удельной активностью кислой фосфатазы обладают цветки. Культурная соя в условиях повышенного содержания цинка, меди и свинца в почве характеризовалась увеличением удельной активности кислой фосфатазы и появлением новых множественных форм. Для дикой сои в целом отмечено снижение удельной активности кислой фосфатазы и увеличение числа множественных форм фермента.

Ключевые слова: соя, *Glycine max*, *Glycine soja*, адаптация, тяжелые металлы, малоновый диальдегид, пероксидаза, кислая фосфатаза

CHANGES IN THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SOYBEANS DEPENDING ON THE GROWING CONDITIONS

✉ ¹Kozak D.K., ¹Ivachenko L.E., ²Golokhvast K.S.

¹Blagoveshchensk State Pedagogical University,

Blagoveshchensk, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: dasha_chernishuk@mail.ru

The results of the analysis of changes in biochemical parameters of soybeans depending on growing conditions are presented. The object of the study was samples of soybean (*Glycine max*

(L.) Merr) of the Lydia variety and wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) forms of KA-1344 grown on natural soils (control and with a high content of heavy metals). The analysis was carried out in leaves, stems, roots, flowers and seeds of cultivated and wild soybeans in the phase of the first triple leaf, flowering and fruiting. The content of malonic dialdehyde and the specific activity of acid phosphatase were determined by spectrophotometric method, the activity of peroxidase – by colorimetric method, the content of zinc, copper and lead – by atomic absorption. Electrophoretic spectra of acid phosphatase were detected by electrophoresis on columns of 7.5% polyacrylamide gel. Identification of zones with enzymatic activity on the gel was carried out by appropriate histochemical methods. It has been established that the cultivation of soybeans on soil with a high content of zinc, copper and lead leads to their accumulation in the organs of soybeans. The highest content of the studied metals is found in the roots. Growing soybeans on soil with a high content of zinc, copper and lead led to an increase in the specific activity of peroxidase in its organs. At the same time, the content of malonic dialdehyde in cultivated soybeans significantly increased only in stems during the phase of the first triple leaf and in roots during the flowering phase, and in wild soybeans in leaves, stems and roots during the phase of the first triple leaf and in stems during the flowering phase. It has been revealed that the flowers have the maximum specific activity of acid phosphatase. Cultivated soybeans, under conditions of increased zinc, copper and lead content in the soil, were characterized by an increase in the specific activity of acid phosphatase and the appearance of new multiple forms. For wild soybeans, in general, there was a decrease in the specific activity of acid phosphatase and an increase in the number of multiple forms of the enzyme.

Key words: soya, *Glycine max*, *Glycine soja*, adaptation, heavy metals, malonic dialdehyde, peroxidase, acid phosphatase

Для цитирования: Козак Д.К., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С. Изменение биохимических показателей сои в зависимости от условий выращивания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 16–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-2>

For citation: Kozak D.K., Ivachenko L.E., Golokhvast K.S. Changes in the biochemical parameters of soybeans depending on the growing conditions. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 16–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из глобальных экологических проблем современности является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами [1]. Для ее решения принимают различные меры, в том числе проводят мониторинговые исследования состояния различных объектов окружающей среды. Значительный интерес представляют исследования состава и интенсивности влияния химического загрязнения среды на состояние растений, произрастающих в разных эколого-географических условиях [2].

Поступление тяжелых металлов в растения определяется комплексом факторов,

важнейшие из которых – свойства почв и динамика почвенных процессов, концентрация элементов в окружающей среде и их физиологическая значимость для растения, физиологические особенности растений и др. Для каждого растения формируется характерная картина распределения элементов по органам и тканям^{1,2}.

Избыточное содержание химических элементов оказывает угнетающее и даже токсическое воздействие на растения. Существует утверждение, что нет токсичных металлов, есть токсичные концентрации. Следовательно, микроэлементы и тяжелые металлы – понятия, относящиеся к одним

¹Janadeleh H., Kardani M., Salemi M. Study of heavy metals effects on plants // Third International Symposium On Environmental and Water Resources, Engineering. Tehran, Iran, 2–3 June 2015 г.

²Логинова А.С., Отраднова М.И., Шилова Н.А., Рогачева С.М. Оценка безопасности растительных культур при загрязнении почвы тяжелыми металлами // Техногенная и природная безопасность: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (Саратов, 19–21 апреля 2017 г.). Саратов: ООО «Амирит», 2017. С. 69–72.

и тем же элементам, характеризующим их концентрацию в различных средах [3]. Действие тяжелых металлов на растение может отличаться на разных стадиях его развития. Окислительный стресс, вызванный действием тяжелых металлов, – один из основных, отрицательно сказывающийся на сельскохозяйственных культурах [4].

Показателем устойчивости растений может служить ферментативная система. Хорошо изученным ферментом является пероксидаза (КФ 1.11.1.X), которая играет важную роль в системе иммунной защиты растений [5]. Кислая фосфатаза (КФ 3.1.3.2) представляет значительный интерес, поскольку является важнейшим ферментом основных метаболических путей живых систем и недостаточно изучена для растений [6, 7].

Цель исследования – изучить изменение биохимических показателей в органах культурной и дикой сои в ходе онтогенеза в зависимости от условий выращивания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования служили образцы сои сорта Лидия и дикой сои формы КА-1344. Ранее нами проанализированы почвы в местах произрастания сои [8]. Для данного исследования отобраны естественные почвы в фоновой точке (контроль) и с повышенным содержанием тяжелых металлов (опыт) (см. табл. 1).

Образцы сои выращивали в теплице при температуре 18–28 °С. Перед посадкой в отобранную почву семена поверхностно

стерилизовали 70%-м раствором этилового спирта, промывали дистиллированной водой, затем высаживали в затемненные сосуды с почвой. Анализ проводили в листьях, стеблях и корнях на стадии первого тройчатого листа, в листьях, стеблях, корнях и цветках – на стадии цветения, в семенах – на стадии плодоношения.

Для биохимического анализа готовили экстракты растворимых белков сои³. Белок в экстрактах определяли по методу Лоури [9], удельную активность кислой фосфатазы – спектрофотометрическим методом с п-нитрофенилфосфатом в качестве субстрата. Удельную активность выражали в единицах на 1 мг белка. Множественные формы фермента выявляли методом электрофореза в 7,5% ПААГ с последующим окрашиванием зон соответствующими гистохимическими методами (см. сноску 3). Стандартным критерием для характеристики множественных форм ферментов служит их относительная электрофоретическая подвижность (Rf). Ранее выявлены 13 форм кислой фосфатазы с Rf от 0,04 до 0,75 [10].

В качестве маркеров окислительного стресса использовали содержание малонового диальдегида (МДА) и удельную активность пероксидазы. Удельную активность пероксидазы определяли фотометрическим методом по Бояркину в модификации Мокроносова на фотоэлектрическом концентрационном колориметре марки КФК-2 (Россия) по изменению оптической плотности (см. сноску 3). В качестве субстрата использовали бензидин солянокислый («Интерхим», Россия). Содержание МДА устанавливали реакцией с тио-

Табл. 1. Характеристика почв для исследований

Table 1. Characteristics of soils for research

Почва	Гумус, %	рН	Содержание, мг/кг				
			Водорастворимые формы фосфат- ионов в пересчете на P ₂ O ₅	Водорастворимые формы ионов калия	Подвижные формы		
					цинк	свинец	медь
Контроль	4,2 ± 0,6	5,1 ± 0,2	9,2 ± 1,4	3,1 ± 0,5	<1,0	<0,5	<1,0
Опыт	4,6 ± 0,7	5,0 ± 0,2	15,7 ± 2,4	7,3 ± 1,2	20,2 ± 6,1	0,9 ± 0,3	2,4 ± 0,7

³Иваченко Л.Е., Кашина В.А., Маскальцова В.И., Разанцев В.И., Стасюк Е.М., Трофимцова И.А. Методы изучения полиморфизма сои. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2008. 138 с.

барбитуровой кислотой, которая при высокой температуре и кислом значении pH протекает с образованием окрашенного триметинового комплекса⁴. Содержание цинка, меди и свинца определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре КВАНТ.З (Россия).

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Анализ растительного материала проводили в двух биологических и трех аналитических повторностях (всего 6 повторностей). Результаты выражали как среднее ($n = 6$) $\pm$ стандартное отклонение, различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время повышенное внимание уделяется вопросам накопления и распределения тяжелых металлов в органах растений, а также их действия на основные физиологические процессы и продуктивность. Типичное распределение металлов по органам у растений следующее (по убыванию): корень > надземная масса > генеративные органы [11]. Способность к накоплению металлов варьирует не только между видами, но и между сортами и генотипами. Накопление

тяжелых металлов в репродуктивных органах и семенах менее интенсивно [12]. Это имеет большое биологическое значение, связанное с сохранением способности к репродукции и семенной продуктивности.

В ходе проведенного нами анализа органы сои распределились по способности к аккумуляции цинка (по убыванию): корни > семена > листья = цветки > стебли (см. рис. 1, а). В литературе отмечено, что в целом цинк распределяется между различными органами растений следующим образом: корни > листья > стебли > ствол (стебель)⁵. Отмечено увеличение концентрации цинка во всех органах сои при выращивании в условиях повышенного содержания тяжелых металлов в почве. Максимум зафиксирован в корнях сои – от 37,65 до 56,02 мг/кг.

Распределение меди по органам сои следующее (по убыванию): корни > цветки = листья > семена > стебли (см. рис. 1, б). Содержание меди в образцах, выращенных на опытной почве, выше, чем в контроле. Максимальное накопление меди зафиксировано в корнях сои – от 18,83 до 28,97 мг/кг.

Способность к аккумуляции свинца (по убыванию): корни > листья = стебли > цветки = семена (см. рис. 1, в). Большинство

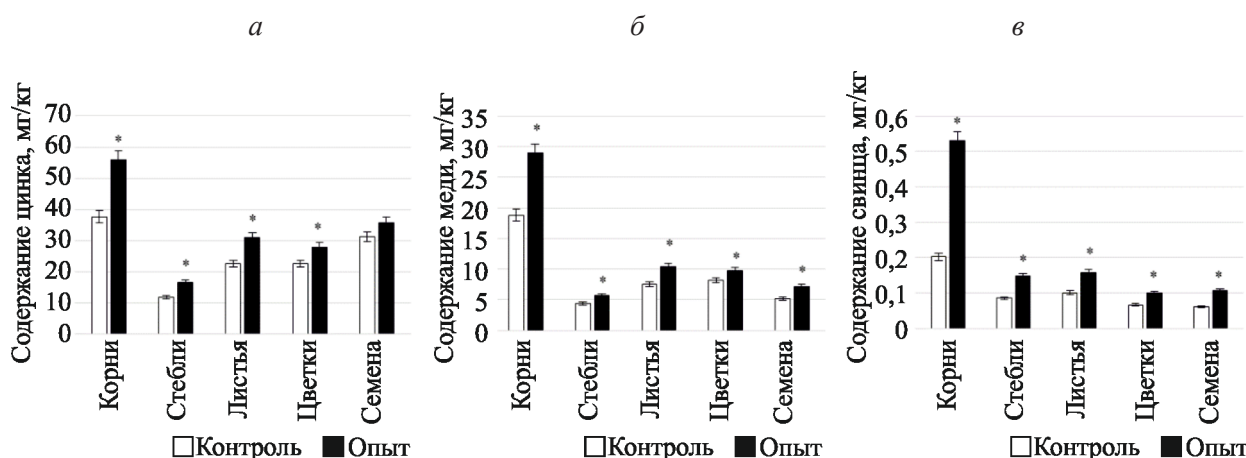


Рис. 1. Содержание цинка (а), меди (б) и свинца (в) в органах сои (среднее) в зависимости от агрофона. Здесь и в рис. 2–5 различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Fig. 1. The content of zinc (a), copper (b) and lead (c) in soybean organs (average) depending on the agricultural background

*Here and in Figs. 2-5 differences with control are significant at $p \leq 0.05$

⁴Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по физиологии и биохимии растений: учебное пособие. СПб.: ГИОРД, 2013. 352 с.

⁵Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. L.: CRC Press, 2011. 505 p.

исследователей, изучавших распределение свинца в органах различных видов растений, сообщают о преимущественном накоплении элемента в корнях [13]. Нами также отмечена данная закономерность: накопление свинца при выращивании на опытной почве происходит во всех органах сои. Концентрация свинца в корнях сои, выращенной на опытной почве, была выше более чем в 2,5 раза относительно контрольной. Минимальная концентрация свинца установлена в генеративных органах сои, что свидетельствует о защитных механизмах, препятствующих накоплению тяжелых металлов в семенах растений.

Накопление тяжелых металлов приводит к усилению окислительного стресса, маркерами которого являются содержание МДА и пероксидазный тест. В ходе проведенного анализа показано достоверное увеличение удельной активности пероксидазы в большинстве органов культурной и дикой сои (см. рис. 2).

Содержание МДА у культурной сои достоверно увеличивалось в стеблях в фазу первого тройчатого листа и в корнях в фазу цветения, у дикой сои – в листьях, стеблях и корнях в фазу первого тройчатого листа и в стеблях в фазу цветения (см. рис. 3).

В ходе исследований установлено, что максимальной удельной активностью и высокой гетерогенностью кислой фосфатазы характеризовались цветки сои (см. рис. 4, А). При выращивании культурной и дикой сои на контрольной почве в цветках выявлено шесть и пять форм соответственно. Выращивание сои на опытной почве привело к увеличению удельной активности кислой фосфатазы в цветках культурной сои и снижению в дикой. При этом число форм фермента увеличивалось для дикой сои (отмечена новая форма КФ10), а для культурной сои оставалось стабильно (см. рис. 4, Б). Отмечено значительное увеличение удельной активности кислой фосфатазы в листьях (в 1,7 и 1,4 раза) и корнях культурной сои (в 1,4 и 1,6 раза) в фазу первого тройчатого листа и цветения соответственно. Число форм фермента также увеличивалось: в корнях выявлена новая форма КФ5 (первый тройчатый лист), в листьях – КФ10, в корнях – КФ9 (цветение). Минимальной активностью характеризовались семена. Выращивание культурной сои на опытной почве привело к увеличению удельной активности и числа множественных форм кислой фосфатазы в семенах, отмечена новая форма фермента – КФ4 (см. рис. 4, В).

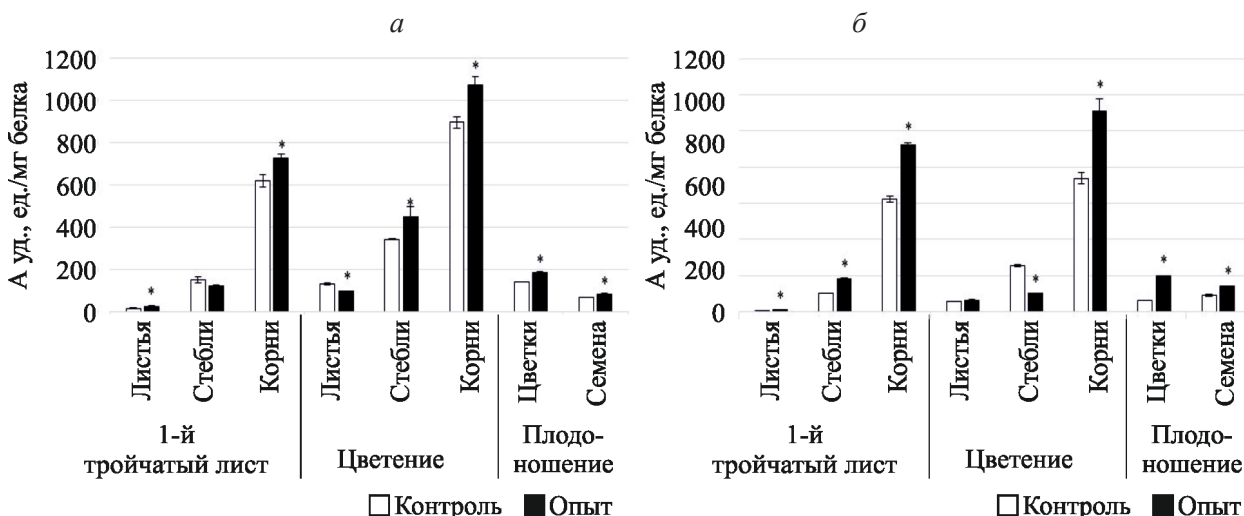


Рис. 2. Удельная активность пероксидазы в различных органах культурной (а) и дикой сои (б) в фазу первого тройчатого листа, цветения и плодоношения

Fig. 2. Specific activity of peroxidase in various organs of cultivated (a) and wild soybean (b) in the phase of the first trifoliate leaf, flowering and fruiting

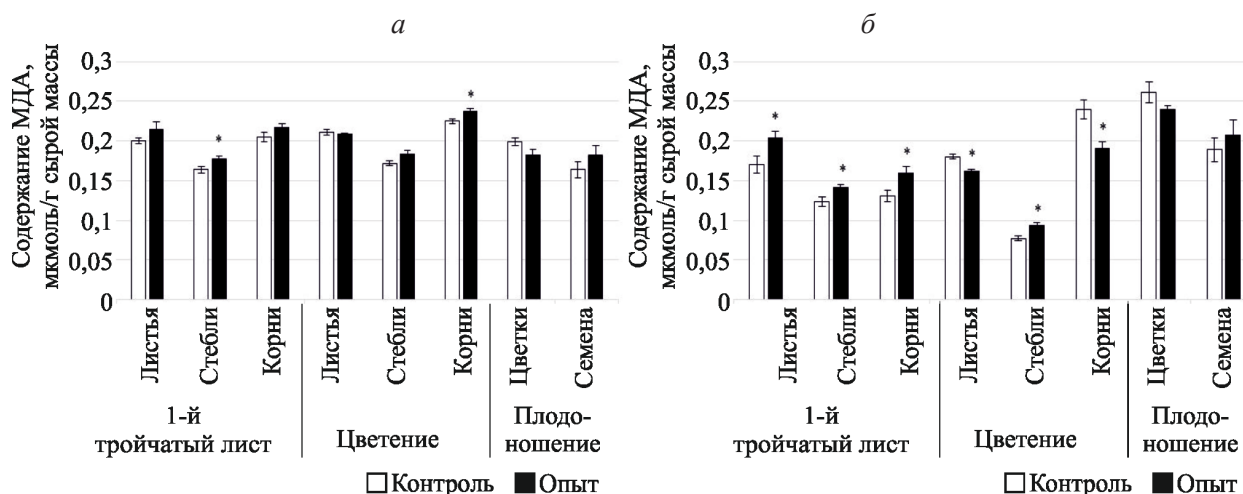


Рис. 3. Содержание МДА в различных органах культурной (а) и дикой сои (б) в фазу первого тройчатого листа, цветения и плодоношения

Fig. 3. The content of MDA in various organs of cultivated (a) and wild (b) soybeans in the phase of the first trifoliate leaf, flowering and fruiting

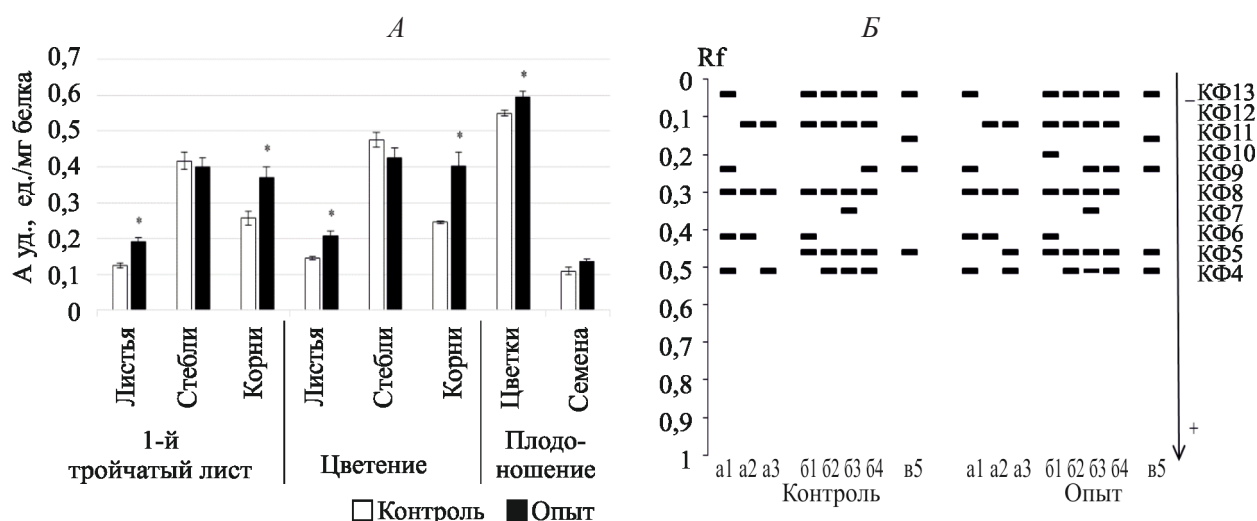


Рис. 4. Удельная активность (А) и схемы энзимогамм (Б) кислой фосфатазы в различных органах культурной сои в фазу первого тройчатого листа (а), цветения (б) и плодоношения (в):

1 – листья; 2 – стебли; 3 – корни; 4 – цветки; 5 – семена. Стрелка указывает направление электрофореза (от катода к аноду). Справа указана нумерация выявленных форм фермента

Fig. 4. Specific activity (A) and enzyme diagrams (B) of acid phosphatase in various organs of cultivated soybean in the phase of the first trifoliate leaf (a), flowering (b) and fruiting (c):

1 – leaves; 2 – stems; 3 – roots; 4 – flowers; 5 – seeds. The arrow indicates the direction of electrophoresis (from the cathode to the anode). On the right is the numbering of the identified forms of the enzyme

Для дикой сои отмечено снижение удельной активности кислой фосфатазы в листьях, стеблях и корнях в фазу первого тройчатого листа в 1,1; 2,5 и 1,8 раза соответственно, цветках в 1,2 раза. При этом выявлены новые формы фермента в листьях (КФ12), корнях (КФ6, КФ10) и цветках (КФ10). По-

вышение удельной активности фермента отмечено в листьях и стеблях дикой сои в фазу цветения в 1,5 и 2,6 раза соответственно, а также в семенах, что соотносится с появлением новой формы фермента в листьях и семенах (КФ5) (см. рис. 5).

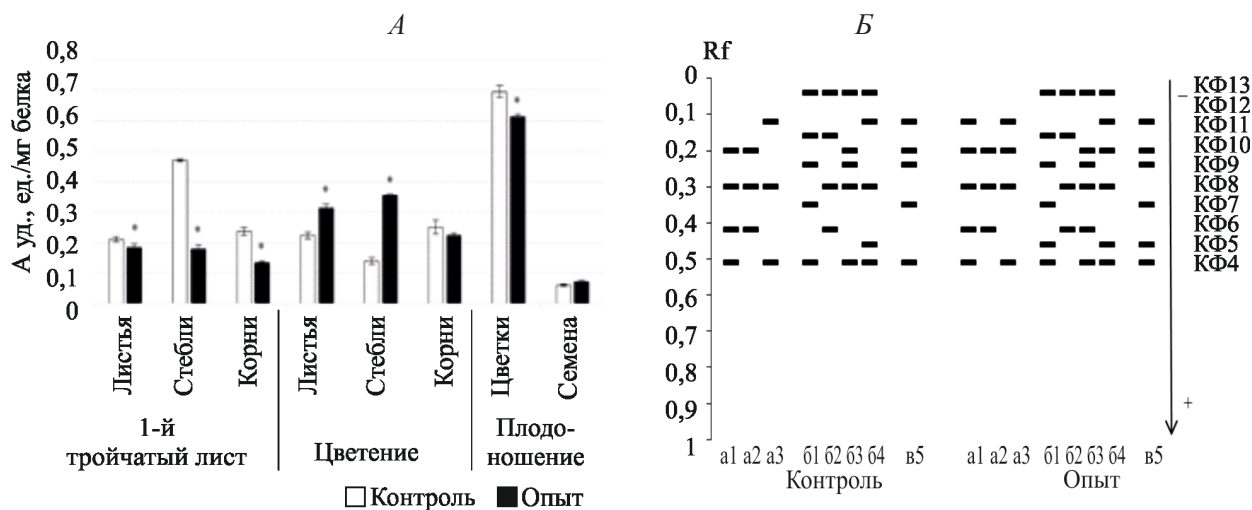


Рис. 5. Удельная активность (А) и схемы энзимогамм (В) кислой фосфатазы в различных органах дикой сои в фазу первого тройчатого листа (а), цветения (б) и плодоношения (в): 1 – листья, 2 – стебли, 3 – корни, 4 – цветки, 5 – семена. Стрелка указывает направление электрофореза (от катода к аноду). Справа указана нумерация выявленных форм фермента.

Fig. 5. Specific activity (А) and schemes of enzymograms (В) of acid phosphatase in various organs of wild soybean in the phase of the first trifoliate leaf (а), flowering (б) and fruiting (в): 1 – leaves, 2 – stems, 3 – roots, 4 – flowers, 5 – seeds. The arrow indicates the direction of electrophoresis (from the cathode to the anode). On the right is the numbering of the identified forms of the enzyme.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что выращивание сои на почве с повышенным содержанием цинка, меди и свинца приводит к их накоплению в органах сои. Наибольшее содержание исследуемых металлов установлено в корнях. При выращивании культурной и дикой сои на почве с повышенным содержанием тяжелых металлов отмечено увеличение удельной активности пероксидазы в большинстве органов культурной и дикой сои. При этом содержание МДА у культурной сои достоверно увеличивалось лишь в стеблях в фазу первого тройчатого листа и в корнях в фазу цветения, у дикой сои – в листьях, стеблях и корнях в фазу первого тройчатого листа и в стеблях в фазу цветения. Анализ удельной активности кислой фосфатазы показал, что наибольшей активностью фермента обладали цветки, что, вероятнее всего, связано с участием кислой фосфатазы в мобилизации фосфата, который необходим в процессах, протекающих на фазе цветения. Культурная соя в условиях повышенного содержания цинка, меди и свинца в почве характеризовалась увеличением удельной активности кислой фосфатазы и появлением новых множе-

ственных форм: в листьях – КФ10, корнях – КФ5 и КФ9 и в семенах – КФ4. Для дикой сои в целом отмечены снижение удельной активности кислой фосфатазы и увеличение числа множественных форм фермента в листьях – КФ5 и КФ12, корнях – КФ6 и КФ10, цветках – КФ10, семенах – КФ5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елубай М.А. Исследование содержания солей тяжелых металлов в почве Павлодарской области // Наука и техника Казахстана. 2019. № 2. С. 102–113.
2. Безель В.С., Жуйкова Т.В., Гордеева В.А., Мелинг Э.В. Надземная фитомасса и скорость деструкции растительных остатков в травянистых сообществах при загрязнении почвы тяжелыми металлами // Экология. 2016. № 4. С. 264–269. DOI: 10.7868/S0367059716040089.
3. Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Хомяков Ю.В. Механизмы адаптации растений к тяжелым металлам // Агрофизика. 2015. № 2. С. 39–49. DOI: 10.7868/S0026365616030113.
4. Nasim F., Khalil R., Sumreen A., Shafiq M. Nickel metal uptake and metal-specific stress alleviation in a perennial desert grass *Cenchrus*

- ciliaris* // *Pollutants and Remediation*. 2015. P. 99–110. DOI: 10.1007/978-94-017-7194-8_5.
5. Кузнецова В.А., Блинова А.А., Тарасова О.Н., Иваченко Л.Е. Активность оксидоредуктаз семян и проростков сои в условиях грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi // *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 7 (198). С. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55.
 6. Chernyshuk D.K., Ivachenko L.Y., Doğan H., Raza G., Ali M.A., Golokhvast K.S., Nawaz M.A. Dihydroquercetin increases the adaptive potential of wild soybean against copper sulfate and cadmium sulfate toxicity // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2020. Vol. 44. N. 5. P. 492–499. DOI: 10.3906/tar-1912-50.
 7. Чернышук Д.К., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С. Изменчивость активности кислой фосфатазы у сои (*Glycine soja*) в условиях токсического воздействия сульфатов кадмия и меди // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2019. № 48. С. 116–124. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-116-124.
 8. Чернышук Д.К., Лаврентьева С.В., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С. Содержание загрязняющих веществ в почвах Амурской области в местах произрастания культурной и дикорастущей сои // *Проблемы региональной экологии*. 2018. № 2. С. 27–32. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-12027.
 9. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // *Journal of Biological Chemistry*. 1951. Vol. 193. N. 1. P. 265–275. DOI: 10.1016/S0021-9258(19)52451-6.
 10. Иваченко Л.Е. Роль множественных форм ферментов сои в процессе биохимической адаптации к условиям выращивания // *Успехи современного естествознания*. 2010. № 9. С. 96–98.
 11. Лебедева Л.А., Арзамасова А.В. Влияние агрохимических средств на поступление свинца в растения ячменя при загрязнении дерново-подзолистой почвы этим металлом // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2010. № 2. С. 22–26.
 12. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение // *Почвоведение*. 2007. № 9. С. 1112–1119.
 13. Петухов А.С., Христов Н.А., Петухова Г.А., Кремлева Т.А. Транслокация Cu,

Zn, Fe, Mn, Pb и Cd в ткани овса посевного (*Avena Sativa*) // *Вестник Воронежского государственного университета*. 2019. № 1. С. 65–72. DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-1-65-70.

REFERENCES

1. Elubai M.A. Study of the content of heavy metal salts in the soil of Pavlodar region. *Nauka i tekhnika Kazakhstan = Science and Technology of Kazakhstan*, 2019, no. 2, pp. 102–113. (In Kazakhstan).
2. Bezel' V.S., Zhuikova T.V., Gordeeva V.A., Meling E.V. Aboveground phytomass and rate of plant debris decomposition in herbaceous communities exposed to soil pollution with heavy metals. *Ekologiya = Ecology*, 2016, no. 4, pp. 264–269. (In Russian). DOI: 10.7868/S0367059716040089.
3. Pishchik V.N., Vorob'ev N.I., Provorov N.A., Khomyakov Yu.V. Mechanisms of plant adaptation to heavy metals. *Agrofizika = Agrophysics*, 2015, no. 2, pp. 39–49. (In Russian). DOI: 10.7868/S0026365616030113.
4. Nasim F., Khalil R., Sumreen A., Shafiq M. Nickel metal uptake and metal-specific stress alleviation in a perennial desert grass *Cenchrus ciliaris*. *Pollutants and Remediation*, 2015, pp. 99–110. DOI: 10.1007/978-94-017-7194-8_5.
5. Kuznetsova V.A., Blinova A.A., Tarasova O.N., Ivachenko L.E. Activity of oxidoreductase of seeds and soybean seedlings under conditions of fungal infection *Septoria glycines* Hemmi. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2020, no. 7 (198), pp. 47–55. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55.
6. Chernyshuk D.K., Ivachenko L.Y., Doğan H., Raza G., Ali M.A., Golokhvast K.S., Nawaz M.A. Dihydroquercetin increases the adaptive potential of wild soybean against copper sulfate and cadmium sulfate toxicity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2020, vol. 44, no. 5, pp. 492–499. DOI: 10.3906/tar-1912-50.
7. Chernyshuk D.K., Ivachenko L.E., Golokhvast K.S. Variability of acid phosphatase activity in soybean (*Glycine soja*) under conditions of toxic effects of cadmium and copper sulfates. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin*

- of the Kamchatka State Technical University, 2019, no. 48, pp. 116–124. (In Russian). DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-116-124.
8. Chernyshuk D.K., Lavrent'eva S.V., Ivachenko L.E., Golokhvast K.S. The content of the pollutants in the soils of the Amur region in the places of cultural and wild-growing soybeans growth. *Problemy regional'noi ekologii = Regional environmental issues*, 2018, no. 2, pp. 27–32. (In Russian). DOI: 10.24411/1728-323X-2018-12027.
 9. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 1951, vol. 193, no. 1, pp. 265–275. DOI: 10.1016/S0021-9258(19)52451-6.
 10. Ivachenko L.E. The role of multiple forms of soybean enzymes in the process of biochemical adaptation to growing conditions. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*, 2010, no. 9, pp. 96–98. (In Russian).
 11. Lebedeva L.A., Arzamazova A.V. Influence of agrochemical agents on the supply of lead to barley plants when soddy-podzolic soil is contaminated with this metal. *Problemy agrokhimii i ekologii = Problems of agrochemistry and ecology*, 2010, no. 2, pp. 22–26. (In Russian).
 12. Il'in V. B. Heavy metals in the soil–crop system. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2007, no. 9, pp. 1112–1119. (In Russian).
 13. Petukhov A.S., Khritokhin N.A., Petukhova G.A., Kremleva T.A. Translocation of Cu, Zn, Fe, Mn, Pb and Cd in the cultivated oat (*Avena Sativa*). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of Voronezh State University*, 2019, no. 1, pp. 65–72. (In Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-1-65-70.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Козак Д.К.**, аспирант, адрес для переписки: Россия, 675000, Амурская область, Благовещенск, ул. Ленина, 104; e-mail: dasha_chernishuk@mail.ru

Иваченко Л.Е., доктор биологических наук, профессор

Голохваст К.С., доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, директор СФНЦА РАН

AUTHOR INFORMATION

✉ **Darya K. Kozak**, Postgraduate Student; address: 104, Lenina St., Blagoveshensk, Amur region, 675000, Russia; e-mail: dasha_chernishuk@mail.ru

Lyubov E. Ivachenko, Doctor of Science in Biology, Professor

Kirill S. Golokhvast, Doctor of Science in Biology, Professor RAS, Corresponding Member RAE, Director SFSCA RAS

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.11.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 04.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЛЬНОВОЛОКНИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

Кудряшова Т.А., (✉) Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н.

Федеральный научный центр лубяных культур

Тверь, Россия

(✉) e-mail: info.trk@fncl.ru

Представлены результаты сравнительного анализа оценки технологического качества льнотресты по основным признакам: выходу и номеру длинного и короткого волокна, содержанию и общему выходу волокна, определенных различными методами по нормативной документации. Исследования проведены в 2001–2021 гг. в льносеющих регионах России: Тверской, Смоленской, Вологодской, Костромской областях. Установлено, что от выбранного метода оценки зависит информационная ценность полученных результатов. Абсолютные отклонения среднего уровня значений признаков, определенных различными методами, составляют для выхода длинного волокна 3,55–9,05%, его номера – 0,00–1,64 N, выхода короткого волокна – 0,20–11,60%, его номера – 0,40–2,75 N, содержания и общего выхода волокна 0,40–10,80%. Относительные отклонения для тех же признаков соответственно равны 24,0–44,5%; 0,00–13,60; 1,80–51,60; 1,30–44,40; 1,00–32,00%. На приведенном примере показан возможный разброс в оценке интегрального технологического качества льнотресты (от номера 1,25 до 2,00 N) и стоимости (19%) произведенной из нее продукции (длинного и короткого волокна) при условии определения по двум вариантам. Первый вариант предусматривал определение выхода длинного волокна на лабораторном мяльно-трепальном станке СМТ-200М, номера длинного волокна – по изменению № 4 ГОСТ 10330–76, выхода короткого волокна – по методике технологической оценки качества льнотресты на мяльно-трепальной машине ТЛ-40, номера короткого волокна – по ГОСТ 9394–76. Второй вариант заключался в нахождении выхода длинного и короткого волокна в производственных условиях на мяльно-трепальном агрегате, органолептической оценке номера длинного волокна и определении номера короткого волокна расчетным путем. Сделано заключение о необходимости приведения уровня значений указанных признаков, определенных различными методами к единому уровню с целью повышения информационной ценности оценки технологического качества льносырья.

Ключевые слова: технологическое качество, выход и номер длинного и короткого льноволокна, общий выход и содержание льноволокна, методы оценки, уровень значений, информационная ценность

COMPARISON OF METHODS FOR ASSESSING THE TECHNOLOGICAL QUALITY OF FLAX FIBER PRODUCTS

Kudryashova T.A., (✉) Vinogradova T.A., Kozyakova N.N.

Federal Research Center for Bast Fiber Crops

Tver, Russia

(✉) e-mail: info.trk@fncl.ru

The paper presents the results of a comparative analysis of technological quality assessment of flax fiber by the main features: the yield and number of long and short fiber, the content and total fiber yield, determined by different methods of regulatory documentation. The research took place in 2001–2021 in the flax-growing regions of Russia: Tver, Smolensk, Vologda, Kostroma regions. It is established that the information value of the obtained results depends on the chosen evaluation method. The absolute deviations of the average level of the values of the signs determined by various methods are 3.55 - 9.05% for the output of a long fiber, its numbers are 0.00 - 1.64 N, the output of a short fiber is 0.20 - 11.60%, its numbers are 0.40 - 2.75 N, the content and total fiber output are 0.40–10,8%; relative deviations are for the same signs, respectively equal, 24,0–44,5%, 0,00–13,60%, 1,80–51,60,%, 1,30–44,40%, 1,00–32,00%. The given example shows a possible variation

in the assessment of the integral technological quality of flax (from number 1.25 to number 2.00) and the cost of the products produced from it (long and short fiber) (19%), subject to determination by the following two options. The first option provided for the determination of the output of a long fiber on a laboratory ribboner CMT-200M, the numbers of a long fiber - according to the change N4 GOST 10330–76, the output of a short fiber according to the method of technological evaluation of the quality of flax on the ribboner TL-40, the numbers of a short fiber according to GOST 9394–76. The second option was to find the output of long and short fibers in production conditions on a ribboner, organoleptic evaluation of the number of the long fiber and determination of the number of the short fiber by calculation. It is concluded that it is necessary to bring the level of values of these signs determined by various methods to a single level in order to increase the informational value of assessing the technological quality of flax raw materials.

Keywords: technological quality, yield and number of long and short flax fiber, total yield and content of flax fiber, evaluation methods, value level, information value

Для цитирования: Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н. Сравнение методов оценки технологического качества льноволокнистой продукции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 25–36. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-3>

For citation: Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Kozyakova N.N. Comparison of methods for assessing the technological quality of flax fiber products. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 25–36. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования ФГБНУ ФНЦ ЛК по теме № FGSS 0477-2019-0017.

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Science and Higher Education Federal Research Center for Bast Fiber Crops on the topic No. FGSS 0477-2019-0017.

ВВЕДЕНИЕ

Своевременная и достоверная информация о качестве производимой льноволокнистой продукции по всей технологической линии от выведения сорта до переработки на льноперерабатывающих предприятиях является одной из составляющих увеличения эффективности производства льна-долгунца¹ [1, 2]. Проблема повышения качества льнопродукции неразрывно связана с оценкой уровня ее интегрального качества, а также основных признаков, его обуславливающих, объективных особенностей, которые проявляются при создании, потреблении и эксплуатации. Планирование, аттестация, контроль, создание сорта, выбор наилучшего варианта продукции, анализ изменения отдельных па-

раметров качества – звенья технологического цикла, на каждом из которых требуется оценка уровня качества продукции с достаточной точностью по действующей нормативной документации [3].

Технологическое качество волокнистого сырья сортов льна-долгунца зависит от сочетания следующих признаков: выхода и качества длинного и короткого волокна для получения максимального общего его выхода, вырабатываемого из льнотресты различного качества по традиционной технологии переработки в производственных условиях [4, 5]. Эти основные характеристики обеспечивают уровень переработки и использования сырья по назначению. Однако в настоящее время для определения характеристик льносырья применяют разные методы, реализация кото-

¹Трухачев В.И., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Байбеков Р.Ф., Жарких О.А. Показатели качества и безопасности волокна льна-долгунца // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621161. 01. 06. 2021. Заявка № 2021620776 от 22.04.2021.

рых приводит к получению различного уровня значений одного и того же показателя² [6, 7]. Один из важных признаков технологического качества – выход длинного волокна из льнотресты различного качества – может быть определен по используемым в настоящий период следующим методам [8–12].

– после обработки льнотресты на лабораторном мяльно-трепальном станке СМТ-200М по ГОСТ 24383–89 Треста льняная. Требования при заготовках;

– по методике технологической оценки качества льносырья после обработки на льнотрепальной машине ТЛ-40;

– после обработки на мяльно-трепальном агрегате в производственных условиях.

Для оценки номера длинного волокна могут применяться шесть методов.

Для того чтобы информация, полученная в ходе проведения оценки, относящаяся к определению того или иного признака качества, обладала необходимой ценностью, она должна быть своевременной, достоверной и сравнимой [13, 14]. Сопоставимость результатов оценки является одним из значимых факторов, влияющих на корректность выводов селекционеров о преимуществах нового сорта по выходу и качеству волокна над сортами, созданными ранее, при условии определения этих признаков различными методами.

Кроме того, правильность ориентации производителя и потребителя продукции также зависит от своевременной, достоверной и сопоставимой информации об ее уровне качества. Такая информация также позволит принимать обоснованные решения, направленные на совершенствование производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий.

Цель исследований – проанализировать информационную ценность оценки технологического качества льноволокнистой продукции по существующим методам, разработать предложения по совершенствованию метрологической экспертизы при определении основных признаков качества различными методами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте льна (обособленное подразделение Научно-исследовательский институт льна Федерального научного центра лубяных культур) и льносеющих регионах России в 2000–2021 гг. в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

Формирование партий льнотресты различного качества 30 сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции осуществлялось в период заготовок в условиях льносеющих хозяйств и льноперерабатывающих предприятий Смоленской, Тверской, Костромской, Псковской, Вологодской областей. При проведении этих работ использовали специальную методическую программу³ [1, 15], которая предусматривала проведение контрольных разработок в соответствии с Правилами технической эксплуатации льнозаводов. При оптимальных режимах работы производственного оборудования в зависимости от качества исходного льносырья производилась переработка льнотресты по традиционной технологии с получением длинного и короткого волокна. По действующей нормативной документации^{4–8} проведена оценка признаков, определяющих качество льноволокнистой продукции.

²Романов В.А., Рожмина Т.А., Ковалев М.М., Белопухов С.С. Способ оценки технологической ценности стеблей льна-долгунца // Патент на изобретение RU 259755 C1, 10.09.2016. Заявка № 2015108332/12 от 10.03.2015.

³Распоряжение Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 23 – р от 10 марта 2016 г. «Порядок определения нормативов перевода тресты льна и конопли в волокно» (В редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 12.06.2008 г. № 450). 7 с.

⁴ГОСТ 24383–89 Треста льняная. Требования при заготовках. Издание официальное. М.: Издательство стандартов. 1990. 17 с.

⁵ГОСТ 10330–76 Лен трепаный. Технические условия. Издание официальное. М.: Издательство стандартов. 1982. 11 с.

⁶Изменение № 4 ГОСТ 10330-76 Лен трепаный. Технические условия. М.: Утверждено и введено в действие Постановлением Государственного Комитета СССР по стандартам от 28.06.88. № 2441 1989. 11с.

⁷ГОСТ 9394–76 Волокно льняное короткое. Технические условия. Издание официальное. М.: Издательство стандартов. 1981. 7 с.

⁸Методические указания по проведению технологической оценки льносолумы и опытов по первичной обработке льна. Торжок: ВНИИЛ. 1972. 58 с.

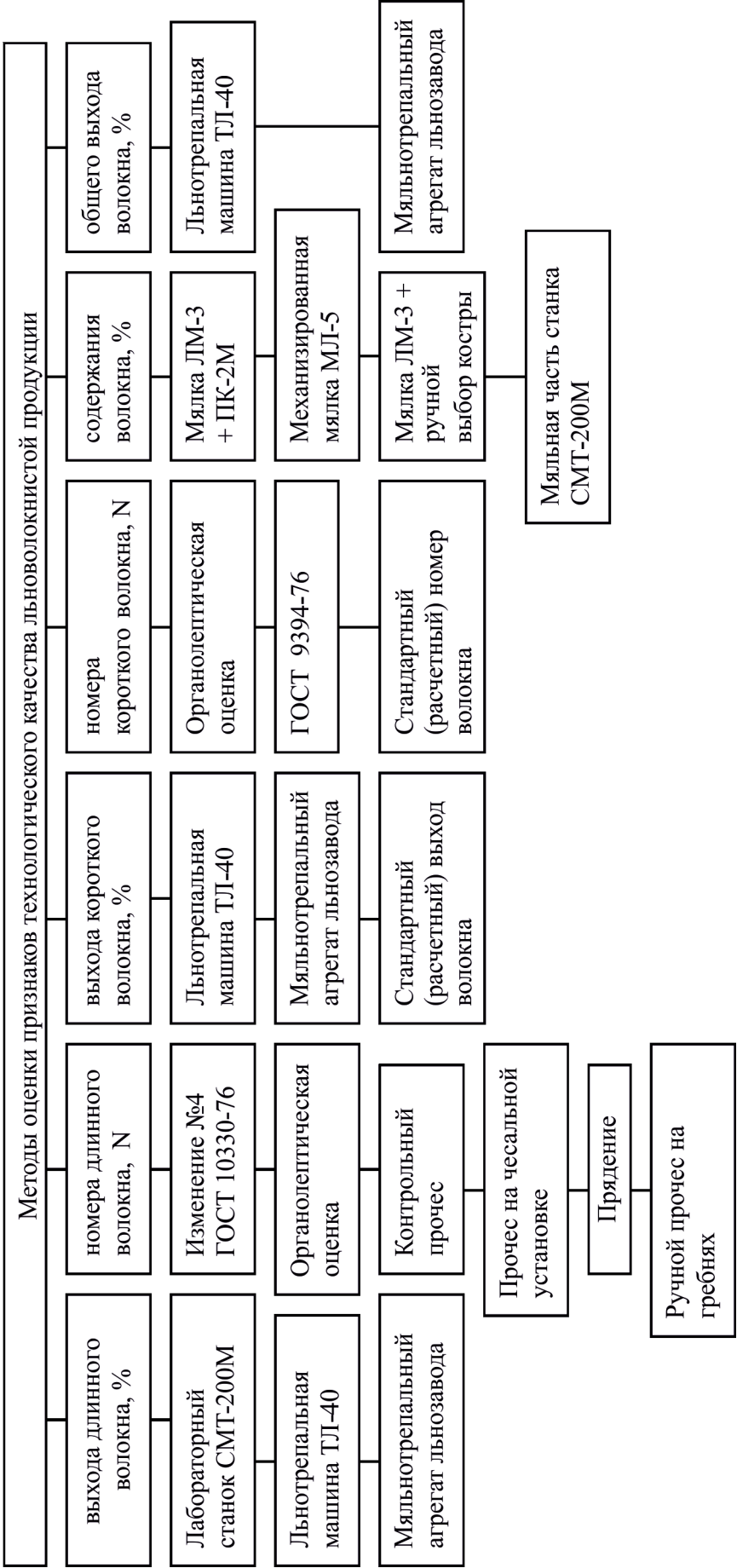


Рис.1. Схема определения признаков технологического качества льноволокнистой продукции
Fig.1. Scheme for determining the signs of technological quality of flax fiber products

Использовано следующее лабораторное и производственное оборудование: мяльно-трепальный станок СМТ-200М, мялка ЛМ-3, механизированная мялка МЛ-5, костровыделитель ПК-2М, разрывная машина РМП-1, динамометр ДКВ-60, электронные весы ВЛКТ-500, гибкомер ГВ-3, квадрант ПО-2, влагомер VLS, сушильные шкафы СШ-2, УС-4, стандартные образцы цвета волокна, прибор ООВ для определения отделяемости, сушилка для льнотресты СКП-10ЛУ, мяльно-трепальный агрегат МТА, льнотрепальные машины ТЛ-40 и ТЛ-4-2, сушилка для короткого волокна СКП-10КУ, куделеприготовительный агрегат КПАЛ, чесальная машина Ч-302-Л, прядильные машины.

Полученные результаты обрабатывали с помощью методов математической статистики. Распределение значений признаков проверялось на соответствие закону нормального распределения с применением правила «плюс – минус трех сигм» и учетом эксцессов. Определение существенности различий проводили методом парных срав-

нений в равновеликих и неравновеликих выборках с помощью критерия Стьюдента [13, 14, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная оценка уровня значений основных признаков технологического качества льнотресты по применяемым в настоящее время методам проведена для 20 различных выборок, состоящих из разного количества партий – от 15 до 256.

На рис. 2 представлен уровень значений выхода длинного волокна при определении по разным методам. Средний выход длинного волокна из стланцевой льнотресты, установленный по трем методам, различается на 3,55–9,05% абсолютных или на 24,00–44,50% относительных единиц.

Статистическая обработка методом парных сравнений данных равновеликих выборок подтвердила значимость различий между средними значениями выхода длинного волокна, найденных различными методами при 95%-й вероятности (см. табл. 1).

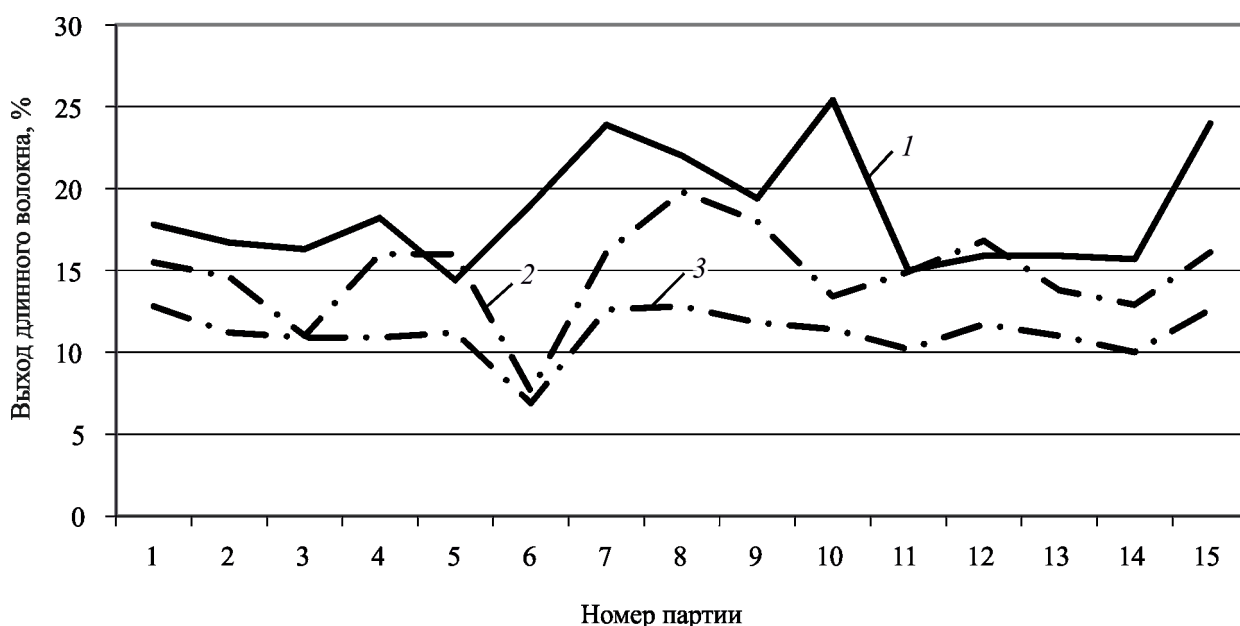


Рис. 2. Уровень значений выхода длинного волокна при определении по различным методам:

- 1 – выход длинного волокна на лабораторном мяльно-трепальном станке СМТ-200М;
- 2 – выход длинного волокна по методике технологической оценки (трепальная машина ТЛ-40);
- 3 – выход длинного волокна на мяльно-трепальном агрегате (МТА) льнозавода

Fig. 2. The level of long fiber output values when determined by various methods

- 1 – the output of a long fiber on a laboratory ribboner CMT-200M;
- 2 – the output of a long fiber according to the method of technological evaluation (ribboner TL-40);
- 3 – the output of a long fiber on a ribboner (MTA) of a flax plant

Табл. 1. Определение значимости различий между средними значениями выхода длинного волокна
Table 1. Determination of the significance of differences between the average values of the long fiber output

Метод определения	Среднее значение выхода длинного волокна, %	Различия между средними значениями d , %	Ошибка разности средних S_d , %	Коэффициент Стьюдента t		Заключение о значимости различий
				фактический t_{ϕ}	табличный t_T	
Станок СМТ-200М	20,30	5,50	1,49	3,07	2,05	Значимо
Машина ТЛ-40	14,80					
Станок СМТ-200М	20,30	9,05	1,12	8,08	2,05	»
МТА	11,25					
Машина ТЛ-40	14,80	3,55	0,87	4,08	2,05	»
МТА	11,25					

С целью определения достоверности и сопоставимости результатов оценки среднего уровня значений номера длинного волокна, содержания волокна, общего выхода волокна, выхода и номера короткого волокна по существующим методам проведен сравнительный анализ по 15 выборкам, состоящим из разного количества партий. В ранее проведенных исследованиях [3, 6, 9, 10, 11, 15] доказано, что экспериментальные значения признаков в случайных выборках распределены по нормальному закону, так как наугад отобранные варианты не отклоняются от генеральной средней на величину, превышающую стандартное отклонение в 3 раза. В связи с тем, что в большинстве случаев число пар сравниваемых значений не превышало 30, при выявлении существенно различий между средними величинами использовали параметрический критерий Стьюдента.

Данные парного сравнения значений указанных признаков приведены в табл. 2–4.

Рассмотрены применяемые в настоящее время шесть методов для оценки качества длинного волокна, четыре метода – для содержания волокна, два – для общего выхода, три – для выхода и номера короткого волокна. Установлено, что средний уровень значений номера длинного волокна, определенного по различным методам, значительно изменяется: абсолютные отклонения варьируют от 0,00 до 1,64 N, относительные – от 0,00 до 13,60% (см. табл. 2–4). Содержание

волокна и общий выход волокна абсолютных единиц различаются на 0,4–10,8%, относительных – на 1,0–32,0%, выход короткого волокна – на 0,2–11,6%, 1,8–51,6% соответственно; номер короткого волокна – на 0,40–2,75 N, 1,3–44,4% относительных единиц. Результаты определения технологического качества льнотресты в значительной степени обусловлены выбранным методом оценки и могут привести к ошибочным выводам в селекционной и производственной деятельности в области производства и переработки льна-долгунца.

Оценка по различным методам значений выхода и номера длинного и короткого волокна влияет на интегральный параметр качества волокнистой продукции – процентномера волокна (%N), от которых зависят технико-экономические показатели работы льноперерабатывающих предприятий и в том числе адекватность определения качества заготавливаемого льносырья (см. рис. 3). Для сравнения представлены два варианта. Первый заключался в оценке выхода длинного волокна при использовании мально-трепального станка СМТ-200М (20,3%), номера длинного волокна – по изменению № 4 ГОСТ 10330–76 (10,73), выхода короткого волокна – по методике технологической оценки качества льносырья на льнотрепальной машине ТЛ-40 (9,4%), номера короткого волокна – по ГОСТ 9394–76 (2,38).

По второму варианту те же признаки определялись на мально-трепальном агрегате (МТА) в производственных услови-

Табл. 2. Различия среднего уровня значений номера длинного волокна при определении по существующим методам**Table. 2.** Differences in the average level of long fiber number values when determined by existing methods

№ п/п	Способ определения номера длинного волокна	Средний номер длинного волокна, N	Различия	
			$\Delta_{\text{абс.}}$	%
1	Изменение № 4 ГОСТа 10330–76 Лен трепаный	10,01	<u>стр. 1 – стр. 2</u> –0,55	5,2
2	Органолептическая оценка	10,56		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 3,11$	$T_{\tau} = 2,05$	Значимо
3	Методика контрольного прочеса ГОСТ 10330–76 Лен трепаный	11,11	<u>стр. 3 – стр. 4</u> –0,45	4,3
4	Органолептическая оценка	10,56		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 3,01$	$T_{\tau} = 2,05$	Значимо
5	Изменение № 4 ГОСТ 10330–76 Лен трепаный	10,73	<u>стр. 5 – стр. 6</u> –0,26	2,4
6	Прочес на чесальной установке	10,99		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 2,90$	$T_{\tau} = 2,12$	Значимо
7	Изменение № 4 ГОСТ 10330–76 Лен трепаный	10,79	<u>стр. 7 – стр. 8</u> +0,52	4,8
8	Прядение	10,27		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 4,01$	$T_{\tau} = 2,05$	Значимо
9	Методика контрольного прочеса ГОСТ 10330–76 Лен трепаный	10,45	<u>стр. 9 – стр. 10</u> –1,64	13,6
10	Прочес на чесальной установке	12,09		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 7,03$	$T_{\tau} = 2,07$	Значимо
11	Методика контрольного прочеса ГОСТ 10330–76 Лен трепаный	10,38	<u>стр. 11 – стр. 12</u> 0	0
12	Методика технологической оценки качества льносырья (ручной прочес на гребнях)	10,38		
Средние значения совпадают				
13	Методика контрольного прочеса ГОСТ 10330–76 Лен трепаный	10,48	<u>стр. 13 – стр. 14</u> +0,23	2,2
14	Прядение	10,25		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 2,73$	$T_{\tau} = 2,07$	Значимо
15	Методика контрольного прочеса ГОС 10330–76 Лен трепаный	10,79	<u>стр. 15 – стр. 16</u> +0,23	1,1
16	Изменение № 4 ГОСТ: 10330–76 Лен трепаный	10,91		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 2,40$	$T_{\tau} = 2,07$	Значимо

Табл. 3. Различия среднего уровня значений выхода и номера короткого волокна при определении по существующим методам**Table. 3.** Differences in the average level of the output values and the short fiber number when determined by existing methods

№ п/п	Способ определения выхода короткого волокна	Средний выход короткого волокна, %	Различия	
			$\Delta_{\text{абс.}}$	%
Выход короткого волокна				
1	Выход короткого волокна из стланцевой льнотресты на МТА, %	22,5	<u>стр. 1 – стр. 2</u> 11,4	50,7
2	Стандартный (расчетный) выход короткого волокна, %	11,1		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 18,30$	$T_{\tau} = 2,05$	Значимо
3	Выход короткого волокна на машине ТЛ-40	10,9	<u>стр. 3 – стр. 4</u> -11,6	51,6
4	Выход короткого волокна из стланцевой льнотресты на МТА, %	22,5		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 16,80$	$T_{\tau} = 2,06$	Значимо
5	Выход короткого волокна на машине ТЛ-40	10,9	<u>стр. 5 – стр. 6</u> -0,2	1,8
6	Стандартный (расчетный) выход короткого волокна, %	11,1		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 1,91$	$T_{\tau} = 2,05$	Незначимо
Номер короткого волокна				
№ п/п	Способ определения номера короткого волокна	Средний номер короткого волокна, N	Различия	
			$\Delta_{\text{абс.}}$	%
1	Номер короткого волокна по органолептической оценке, N	5,13	<u>стр. 1 – стр. 2</u> 2,75	44,4
2	Номер короткого волокна ГОСТ 9394–76 Волокно льняное короткое, N	2,38		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 15,70$	$T_{\tau} = 2,05$	Значимо
3	Номер короткого волокна ГОСТ 9394–76 Волокно льняное короткое, N	3,12	<u>стр. 3 – стр. 4</u> 0,4	1,3
4	Стандартный номер короткого волокна (расчетный), N	3,08		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 18,40$	$T_{\tau} = 2,05$	Значимо
5	Номер короткого волокна по органолептической оценке, N	5,13	<u>стр. 5 – стр. 6</u> 2,1	40,9
6	Номер короткого волокна ГОСТ 9394–76 Волокно льняное короткое, N	3,12		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 16,80$	$T_{\tau} = 2,06$	Значимо

Табл. 4. Различия среднего уровня значений содержания и общего выхода волокна при определении по существующим методам**Table. 4.** Differences in the average level of the content and total fiber yield values when determined by existing methods

№ п/п	Способ определения содержания и общего выхода волокна	Среднее содержание и общий выход волокна, %	Различия	
			$\Delta_{\text{абс.}}$	%
1	Содержание волокна (ЛИМ-3 + ручной выбор костры), %	30,3	$\frac{\text{стр. 1} - \text{стр. 2}}{5,6}$	19,9
2	Общий выход волокна (МТА), %	24,7		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 25,30$	$T_r = 2,07$	Значимо
3	Содержание волокна (ЛИМ-3 + ручной выбор костры), %	35,0	$\frac{\text{стр. 3} - \text{стр. 4}}{2,0}$	5,7
4	Содержание волокна (ЛИМ-3 + ПК-2М), %	33,0		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 2,08$	$T_r = 2,05$	Значимо
5	Содержание волокна (ЛИМ-3 + ручной выбор костры), %	29,9	$\frac{\text{стр. 5} - \text{стр. 6}}{6,9}$	23,1
6	Общий выход волокна (ТЛ-40), %	23,0		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 19,10$	$T_r = 2,06$	Значимо
7	Содержание волокна (ЛИМ-3 + ручной выбор костры), %	35,0	$\frac{\text{стр. 7} - \text{стр. 8}}{-0,4}$	1,0
8	Содержание волокна (МЛ-5), %	35,4		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 1,12$	$T_r = 2,05$	Незначимо
9	Содержание волокна (ЛИМ-3 + ручной выбор костры), %	35,0	$\frac{\text{стр. 9} - \text{стр. 10}}{0,5}$	1,4
10	Содержание волокна (СМТ-200М), %	34,5		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 1,93$	$T_r = 2,05$	Незначимо
11	Содержание волокна (МЛ-5), %	35,4	$\frac{\text{стр. 11} - \text{стр. 12}}{0,9}$	2,5
12	Содержание волокна (СМТ-200М), %	34,5		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 2,06$	$T_r = 2,05$	Значимо
13	Содержание волокна (СМТ-200М), %	33,93	$\frac{\text{стр. 13} - \text{стр. 14}}{10,88}$	32,0
14	Общий выход волокна (ТЛ-40), %	23,05		
Коэффициент Стьюдента		$T_{\phi} = 18,20$	$T_r = 2,05$	Значимо

ях (11,25%), по органолептической оценке (10,56 N), на МТА (12,6%), расчетным путем (3,03 N) соответственно. Технологическое качество в первом варианте составило 240% N, во втором – 157% N (см. рис. 3). По нормам выхода и качества волокна⁹ из стланцевой льнотресты в первом варианте льнотреста должна быть оценена номером 2,00, во втором – 1,25. Стоимость произведенной продукции рассчитывалась при средних установившихся в последние годы ценах на длинное и короткое волокно. При расчете были приняты следующие цены за 1 кг длинного волокна N10 – 131,35 р., короткого волокна – N 2 – 42,6, N 3 – 49,7 р. при разнице в стоимости 1 кг волокна между соседними номерами в 7,1 р.. Общая стоимость произведенной продукции из одной тонны льнотресты в первом варианте оказалась равной 31 994 р., во втором – 25 726 р. Иными словами, стоимость продукции во втором варианте составила 81% от стоимости продукции в первом варианте эксперимента (см. рис. 3).

Проведенный анализ оценки технологического качества льнотресты, формируемого в зависимости от сочетания основных при-

знаков: выхода и качества длинного и короткого волокна, содержания и общего выхода волокна, выявил очевидную необходимость приведения уровня значений этих признаков, определенных по различным методам к единому уровню с тем, чтобы повысить информационную ценность оценки.

ВЫВОДЫ

1. Проведен сравнительный анализ оценки уровня значений основных признаков технологического качества льносырья, определяемого по различным существующим методам. Установлено, что отклонения по выходу длинного волокна абсолютных единиц составляют 3,55–9,05%, относительных – 24,0–44,50%; выходу короткого волокна – 0,20–11,60%, 1,80–51,6,0%; по номеру длинного волокна – 0,00–1,64 N, 0,00–13,60%; качеству короткого волокна – 0,40–2,75 N, 1,30–44,40%; содержанию и общему выходу волокна – 0,40–10,80, 1,00–32,00% соответственно.

2. Для того чтобы повысить информационную ценность определения технологического качества льнотресты, зависящей от своевременности, достоверности и сопоставимости

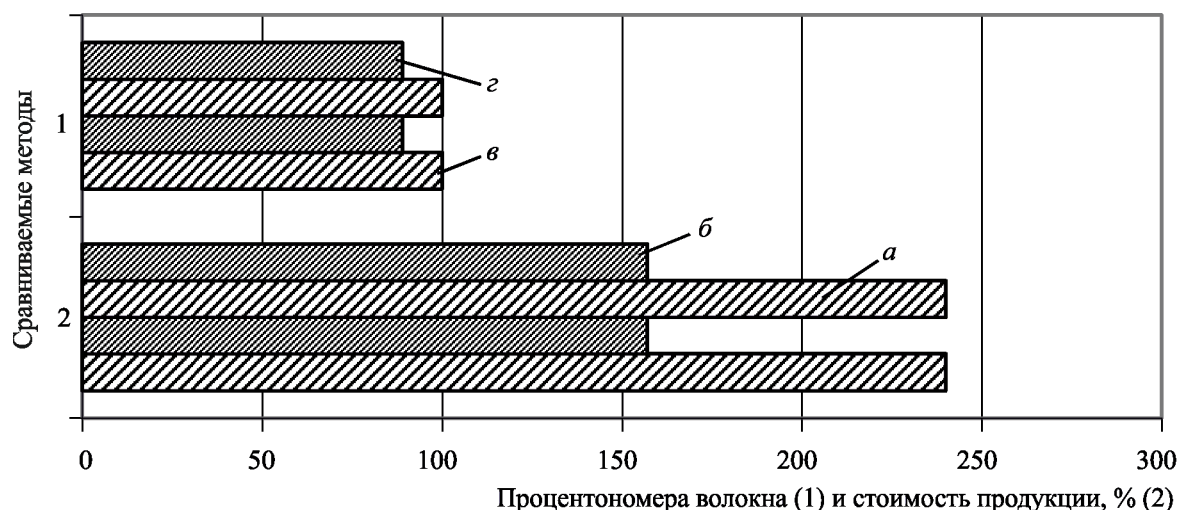


Рис. 3. Технологическое качество льнотресты и стоимость произведенной из нее продукции в зависимости от метода оценки:

а – процентомера волокна (1); б – процентомера волокна (2);
в – стоимость продукции в процентах (1); г – стоимость продукции в процентах (2)

Fig. 3. Technological quality of flax straw and the cost of its products depending on the method of evaluation:

а - fiber percentage (1); б - fiber percentage (2);
в - product value in percents (1); г - product value in percents (2)

⁹Нормы выхода и качества волокна из льняной стланцевой тресты. Утверждены ФГБУ «Агентство «Лен». 2011. 1 с.

результатов оценки основных признаков, найденных по различным методам, необходимо их приведение к единому уровню. Это позволит принимать обоснованные решения при создании новых сортов льна-долгунца в селекционной работе, в управлении производственными процессами при производстве и переработке льноволокнистой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н. Технологическая ценность современных сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции по выходу волокна из льнотресты // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2019. № 3 (28). С. 34–40. DOI: 10.35523/2307-5872-2019-28-3-34-40.
2. Рожмина Т.А., Жученко А.А., Рожмина Н.Ю., Киселева Т.С., Герасимова Е.Г. Новые источники селекционных значимых признаков льна, адаптивные к условиям Центрального Нечерноземья // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 8. С. 50–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808.
3. Шиманская Н.С., Ущиповский И.В., Прокофьев С.В. Тенденция совершенствования методов и приборов для оценки качества льносырья (обзор) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 21 (6). С. 639–652. DOI: 10.30766/2072-9081. С. 639–652.
4. Пашин Е.Л., Бараев А.В. Перспективы развития технологической уборки и переработки льна // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014. № 4 (41). С. 66–70.
5. Басова Н.В., Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Анализ экономической эффективности первичной и глубокой переработки лубяных культур // *АПК: Экономика, управление*. 2021. № 7. С. 66–74. DOI: 10.33305/217-66.
6. Пашин Е.Л., Пашина Л.В., Мичкина Г.А. Совершенствование системы оценки качества волокна на этапах внедрения новых сортов льна-долгунца // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 6 (384). С. 115–120.
7. Пашина Л.В., Пашин Е.Л. Совершенствование метода определения выхода длинного волокна для квалитрии сортов льна-долгунца // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016. № 1 (361). С. 48–51.
8. Романов В.А., Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Инструментальная погрешность определения выхода волокна из льнотресты // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 3 (273). С. 17–21. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-3-17-20.

9. Королева Е.Н., Новиков Э.В., Хаитов Н.Х., Безбабченко А.В. Прогнозирование выхода и номера трепаного льна по результатам лабораторной переработки льнотресты // *Наука в центральной России*. 2019. № 4 (40). С. 44–49.
10. Куликов А.В., Пашин Е.Л., Соболева Е.В. Оценка прочности на разрыв ленты из короткого льняного волокна // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2016. № 1 (361). С. 48–51.
11. Пашин Е.Л., Орлов А.Ф., Степанкова Т.А. Обоснование условий для определения линейной плотности лубяных волокон с применением их цифровых изображений // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2016. № 2 (362). С. 79–82.
12. Дроздов В.Г., Мозохин А.Е. Особенности применения метода инфракрасной спектроскопии пропускания для оценки качества льнотресты // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2015. № 6. С. 38–42.
13. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика: монография. М.: Высшая школа, 1991. 253 с.
14. Гусаров В.М. Теория статистики: монография. М.: ЮНИТИ, 2000. 312 с.
15. Виноградова Т.А., Кудряшова Т.А., Козьякова Н.Н. Характеристика сортов льна-долгунца различной селекции по комплексу признаков технологической ценности льносырья // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 34. № 5. С.32–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10505.
16. Лакин Г.Ф. Биометрия: монография. М.: Высшая школа, 1980. 291 с.

REFERENCES

1. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Kozia-kova N.N. Technological value of modern fiber flax varieties of domestic and foreign selection on the output of fiber from flax. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya = Agrarian journal of Upper Volga region*, 2019, no. 3 (28), pp. 34–40. (In Russian). DOI: 10.35523/2307-5872-2019-28-3-34-40.
2. Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A., Rozhmina N.Yu., Kiseleva T.S., Gerasimova E.G. New sources of selection-significant flax traits adaptive to the conditions of the Central Non-Chernozem region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 8, pp. 50–55. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808.

3. Shimanskaya N.S., Ushchapovsky I.V., Prokofiev S.V. Trends in the improvement of methods and equipment for assessment of quality of flax raw material (review), *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2020, no. 21 (6), pp. 639–652. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.
4. Pashin E.L., Baraev A.V. Prospects of development of technologies cleaning and processing of flax, *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2014, no. 4 (41), pp. 66–70. (In Russian).
5. Basova N.V., Novikov E.V., Bezbabchenko A.V. Analysis of the economic efficiency of primary and deep processing of bast crops. *APK: Ekonomika, upravlenie = AIC: Economics, management*, 2021, no. 7, pp. 66–74. (In Russian). DOI: 10.33305/217-66.
6. Pashin E.L., Pashina L.V., Michkina G.A. Improving the method of fiber quality measurement during introduction of new sorts of long-stemmed flax. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = Proceedings of Higher Educational Institutions, Textile Industry Technology*, 2019, no. 6 (384), pp. 115–120. (In Russian).
7. Pashina L.V., Pashin E.L. Improvement of the method for determining the yield of long fiber for the qualimetry of flax varieties. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2016, no. 1 (361), pp. 48–51. (In Russian).
8. Romanov V.A., Novikov E.V., Bezbabchenko A.V. Instrumental error in determining the yield of fiber from flax. *Machinery and equipment for the village = Machinery and equipment for rural area*, 2020, no. 3 (273), pp. 17–21. (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2020-3-17-20.
9. Koroleva E.N., Novikov E.V., Khaitov N.Kh., Bezbabchenko A.V. Forecasting of output and numbers: scutched flax according to the results of laboratory processing of flax straw. *Nauka v tsentralnoi Rossii = Science in the Central Russia*, 2019, no. 4 (40), pp. 44–49. (In Russian).
10. Kulikov A.V., Pashin E.L., Soboleva E.V. Estimation of the tensile strength tape from the short flax fiber. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = Proceedings of Higher Educational Institutions, Textile Industry Technology*, 2016, no. 1 (361), pp. 48–51. (In Russian).
11. Pashin E.L., Orlov A.F., Stepankova T.A. Justification of conditions for determining the linear density of bast fibers using their digital images. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti = Proceedings of Higher Educational Institutions, Textile Industry Technology*, 2016, no. 2 (362), pp. 79–82. (In Russian).
12. Drozdov V.G., Mozohin A.E. Peculiarities of application of the method of infrared spectroscopy bandwidth for assessing the quality of flax. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti = Proceedings of Higher Educational Institutions, Textile Industry Technology*, 2015, no. 6, pp. 38–42. (In Russian).
13. Kolemaev V.A., Staroverov O.V., Turundalevskii V.B. *The Probability Theory and Mathematical Statistics*: Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1991. 253 p. (In Russian).
14. Gusarov V.M. *The theory of statistics*: Moscow, YuNITI Publ., 2000. 312 p. (In Russian).
15. Vinogradova T.A., Kudryashova T.A., Kozyakova N.N. Characteristics of fibre flax varieties of different breeding according to the complex of traits of the technological value of flax raw materials. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2021, vol. 34, no. 5, pp. 32–39. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10505.
16. Lakin G.F. *Biometrics*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1980, 291 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кудряшова Т.А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Виноградова Т.А.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 172002, Тверская область, Торжок, ул. Луначарского, 35; e-mail: info.trk@fncl.ru

Козьякова Н.Н., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Tamara A. Kudryashova, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

✉ **Tatyana A. Vinogradova**, Senior Researcher; **address:** 35, Lunacharskogo St, Torzhok, Tver region, 172002, Russia; e-mail: info.trk@fncl.ru

Natalya N. Kozyakova, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.12.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022



ИСПЫТАНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ

✉ Тимофеев В.Н., Вьюшина О.А.

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья –
филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
Тюмень, Россия*

✉ e-mail: Timofeev_vn2010@mail.ru

Исследования проведены в северной лесостепи Тюменской области. В лабораторных и полевых условиях испытаны различные формы и дозировки наночастиц макро- и микроэлементов и сопутствующих веществ при обработке семян и растений яровой тритикале и пшеницы. Препараты имели положительное влияние на прорастание семян, более высокие нормы снижали показатели энергии и всхожести. Энергия прорастания и всхожесть семян тритикале повышались на 4–10% при применении препаратов с содержанием наночастиц меди, марганца, молибдена, биогенного железа, Титана М. Обработка суточных проростков препаратами марганца, кальция, молибдена, Титана М, биогенного железа, бора, калия способствовала увеличению длины ростка на 7-е сутки на 7,8–25%, массы ростка на 6–8%. На применение калия реагировали только уже развивающиеся ростки. Отмечено, что применение биогенного железа вызывает снижение лабораторной всхожести семян на 4–10%, но способствует развитию главного корня. Его увеличение составило 9–12% по сравнению с контролем. Включение биогенного железа и кремния в смесь к химическому протравителю снижало эффективность против корневых гнилей от 18% в начале вегетации до 30% к периоду уборки. Применение биогенного железа способствовало повышению урожайности на 0,5–0,6 т/га, или 23%, в системе комплексной защиты культуры по сравнению с контролем и на 0,16–0,23 т/га – со стандартной схемой защиты культуры. Отмечено положительное влияние биогенного железа при обработке растений в фазу колошения как отдельного элемента технологии, так и в баковой смеси с фунгицидами.

Ключевые слова: наночастицы, макроэлементы, микроэлементы, зерновые культуры, урожайность, эффективность, болезни растений

TESTING OF MACRO- AND MICRONUTRIENT NANOPARTICLES ON GRAIN CROPS

✉ Timofeev V.N., Vyushina O.A.

*Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – Branch of the Tyumen Scientific
Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Tyumen, Russia*

✉ e-mail: Timofeev_vn2010@mail.ru

The studies were conducted in the northern forest-steppe of the Tyumen region. Under laboratory and field conditions, different forms and dosages of macro- and micronutrient nanoparticles and associated substances were tested in the treatment of seeds and plants of spring triticale and wheat. The preparations had a positive effect on seed germination, while higher rates reduced energy and germination. The germination energy and germination of triticale seeds increased by 4–10% with the application of preparations containing nanoparticles of copper, manganese, molybdenum,

biogenic iron, Titan M. Treatment of daily seedlings with manganese, calcium, molybdenum, Titan M, biogenic iron, boron, potassium increased sprout length by 7.8-25% and sprout weight by 6-8% by day 7. Only already developing sprouts responded to the application of potassium. It was noted that the application of biogenic iron causes a 4-10% decrease in laboratory germination of seeds, but promotes the development of the main root. Its increase was 9-12% compared to the control. The inclusion of biogenic iron and silicon in the mixture to the chemical dressing reduced the effectiveness against root rot from 18% at the beginning of the growing season to 30% by the harvesting period. The application of biogenic iron increased the yield by 0,5-0,6 t/ha or 23% in the system of complex crop protection compared to the control and by 0,16-0,23 t/ha with the standard scheme of crop protection. A positive effect of biogenic iron in the treatment of plants during the earing phase as a separate element of the technology and in a tank mixture with fungicides was noted.

Keywords: nanoparticles, macroelements, microelements, grain crops, yield, efficiency, plant diseases.

Для цитирования: Тимофеев В.Н., Вьюшина О.А. Испытание наночастиц макро- и микроэлементов на зерновых культурах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 37–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-4>

For citation: Timofeev V.N., Vyushina O.A. Testing of macro- and micronutrient nanoparticles on grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 52, no. 1, pp. 37–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках раздела государственного задания № 121041600036-6.

Acknowledgements

The work is performed within the section of the state task No. 121041600036-6

ВВЕДЕНИЕ

В системе возделывания сельскохозяйственных культур протравливание семян является наиболее простым способом повышения качества посевного материала [1, 2]. Применение химических средств защиты растений имеет регуляторное влияние как на вредные объекты, так и на саму культуру, ее рост и развитие. Негативное влияние их возможно скорректировать применением в комплексе препаратов для активации роста и снижения стресса. Использование микроудобрений способствует повышению прорастания семян и росту вегетативной части растений в первые фазы онтогенеза¹ [3, 4]. Стимуляция ростовых процессов может выражаться в изменении влияния на органы растений, что показывает различия в на-

правленности действия препаратов [5–7]. Использование некорневых подкормок хелатными соединениями железа способствовало увеличению показателей структуры урожая [8, 9], применение микроудобрений по вегетации в смеси с азотом повлияло на динамику роста яровой пшеницы [10], подкормки хелатами цинка, меди и серы – на качество зерна [11]. Пролонгированное использование хелатированных форм микроэлементов приводит к угнетению ростовых процессов по сравнению только с обработкой семян² [12, 13].

Уменьшение объема вещества или частицы до наночастиц для улучшения условий проникновения и доставки в растения необходимых веществ должно способствовать прорастанию семян, ускорять рост растений, повышать урожайность и защищать

¹Аникина Л.М., Удалова О.Р., Панова Г.Г. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы кремнийсодержащими хелатными микроудобрениями на рост и развитие ее проростков // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы V междунар. науч.-практ. конф. Симферополь: ИТ «Ариал», 2020. С. 13–15.

²Чирко Е.М., Тимошенко В.Г. Влияние регуляторов роста и микроудобрений на прорастание семян яровой пшеницы // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно: ГТАУ, 2019. Т. 45: Агрономия. С. 193–201.

растения от воздействия окружающей среды [14, 15].

В исследованиях иранских ученых добавление питательной среды с содержанием частиц селена рассматривалось как многообещающий подход к изменению роста, морфологии, метаболизма и анатомии растений, однако при этом возникло понимание фитотоксичности такого использования, при котором определенно вносятся существенные эпигенетические вариации в ДНК. Такие результаты и по другим наноматериалам: проявляются генетическое повреждение пшеницы, токсическое воздействие на первичное развитие растений, подчеркивается их нестабильность в окружающей среде и цитотоксическое воздействие на растения. Это обуславливает четкую проработку безопасных норм применения наноматериалов на биологических объектах³ [16, 17]. Готовые макро- и микроэлементные составы предлагаются для применения в основные фазы онтогенеза растений в комплексе с пестицидами, а также как отдельный элемент технологии, направленный на повышение качественных характеристик или продуктивности сельскохозяйственных растений за счет накопления биомассы и увеличения ассимиляционной поверхности⁴.

Цель исследования – определить влияние препаративных форм с содержанием наночастиц макро- и микроэлементов для обработки семян и вегетирующих растений зерновых культур.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в лабораторных и полевых условиях Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, зона северной лесостепи. Учеты и наблюдения выполняли

по стандартным методическим указаниям, принятым в Госсортсети, растениеводстве и защите растений. В лабораторных условиях проводили сравнительную оценку и выбор наиболее положительно влияющих на энергию, всхожесть и ростовые функции растворов макро- и микроэлементов (азот, фосфор, калий, кальций, марганец, магний, молибден, бор, цинк, медь, биогенное железо, Титан М и их смесей). Содержание основного действующего вещества составляло 10–40 мг/мл, сопутствующие вещества в виде серебра – 1 мг/мл, стабилизаторы нанодисперсности поливинилпирролидон – 20%, гидролизат коллагена – 15%. Вариаций по каждому элементу не менее шести. Из них выбраны варианты с наиболее положительным влиянием и изучены во втором этапе исследований.

Обработку семян перед посевом проводили с часовой экспозицией. Приготовление рабочего раствора рассчитывали на 100 г семян, нормы применения препаратов от 1 до 100 мл/г или на 1 га в зависимости от типа опыта. Определение влияния воздействия препаратов при обработке семян и суточных проростков проводили в чашках Петри и во влажных рулонах. Фитоэкспертизу семян, оценку пораженности посевного материала различными патогенами осуществляли на 7-е сутки. Затем проводили посев семян с суточным прорастанием после обработки препаратами по 20 шт. на чашку в пяти повторениях. При закладке образцов руководствовались ГОСТ 12038–84⁵. Учитывали длину ростка, корня, массу вегетативных органов, снижение количества грибов на семенах. В опыте использованы семена яровой тритикале. В полевых условиях проведена оценка биогенного гидроксида железа (ферригидрита) производства Красноярского научного центра в системе защиты яровой пшеницы.

³Нанопестициды могут стать альтернативой обычным инсектицидам: [Электронный ресурс] URL: <https://glavagronom.ru/news/nanopesticide-mogut-stat-alternativoy-obychnym-insektitsidam>, <https://www.azonano.com>.

⁴Попова В.В., Гоман Н.В., Киреева М.А. Влияние некорневой подкормки хелатами цинка и меди на качество зерна яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве // Экологические чтения – 2020: материалы XI Национальной науч.-практ. конф. с международным участием. Омск, 2020. С. 459–464.

⁵ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 2004. 47 с.

Биогенное железо применяли в соответствующие фазы развития для определения его влияния на развитие растений пшеницы, болезни, урожайность. Почва опытного участка темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Закладка полевого опыта выполнена при стандартных агротехнических условиях в мелкоделяночном опыте с площадью деланки 20 м² с четырехкратным повторением. В период вегетации определяли пораженность корневыми гнилями и листостебельными болезнями.

Урожайность учитывали путем отбора снопового материала, механическим обмолотом деланок. Анализ семян на параметры качества проводили по соответствующим ГОСТам⁶. Обработка статистических данных осуществлена с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В лабораторных исследованиях получены результаты различного влияния применения препаратов с содержанием наночастиц макро- и микроэлементов. С более 20 препаратами с разными нормами применения провели сравнительную оценку. Отмечены положительный эффект действия препаратов или его отсутствие. Смеси, состоящие из 3–5 веществ, показывали нейтральное или отрицательное влияние при увеличении элементов и норм применения.

Препараты с содержанием меди, цинка, бора, кальция и готовые смеси Р + К со стабилизатором ПВП (поливинилпирролидон) + модификатор Ag-C, N + Р + ПВП + Ag-C при норме раствора 5 мл/т оказывали положительное влияние на прорастание. Более высокие нормы снижали показатели энергии и всхожести.

Энергия прорастания семян тритикале повышалась при применении препаратов с содержанием меди, марганца, молибдена, биогенного железа, Титана М. Увеличение энергии роста составило 4–10%. Превосходство было по препаратам Титан М в норме 500 мл/т (+7%), молибден – 10–50 мл/т (+10,

+7%). В итоге из 58 вариаций положительное влияние выявлено у пяти препаратов с определенными нормами (см. табл. 1).

Всхожесть семян по некоторым вариантам была на уровне изначальной энергии прорастания или имела увеличение в зависимости от применяемого элемента. Значительное увеличение всхожести отмечено по препаратам кальция, марганца в норме 5 мл/т (+4, +5%), Титана М – 500 и молибдена – 10–50 мл/т (+6, +10%).

Изучение наночастиц марганца (сульфат моногидрат) в большинстве вариаций оказывало стимулирующее действие на ростовые процессы яровой тритикале, но применение в качестве стабилизатора нанодисперсности гидролизата коллагена (ГК) снижало положительное действие препарата при обработке семян. Марганец в норме до 20 мг/т в изучаемых комбинациях в комплексе со стабилизатором (ПВП) способствовал повышению энергии, всхожести, роста вегетативных органов, что предполагает его использование в качестве стимулирующего агента при обработке семян.

В вариантах с магнием определены вариации с положительным влиянием на всхожесть: Mg 10–20 мг + ПВП при норме 1–5 мл/т, Mg 10 мг + ГК с нормой 1 мл/т. Большее воздействие на развитие корня отмечено при применении Mg 10 мг + Ag (серебро) 1 мл + ПВП при норме 1 мл/т. Все вариации магния имели положительное влияние (при норме от 1 мл/т) на развитие ростка с увеличением его длины на 1,1–2,1 см и ограничением роста coleoptile на 0,5–1,2 см. Обработка суточных ростков в норме 5 мл препаратами Mg 20 мг + ПВП; Mg 10 мг + Ag 1 мл + ГК способствовала увеличению длины ростка на 2,7–2,9 см, массы – на 1,0–1,3 г.

Применение одного и того же препарата при обработке семян и уже развивающихся растений может по-разному влиять на их начальный рост. Сравнивали два критерия: общую длину всех ростков (в среднем 9–15 см) и длину ростков с нормальным здоровым развитием (13,0–15,0 см). Отмечено,

⁶ГОСТ 1386.5-93, ГОСТ 30483-97, ГОСТ 12042-80, ГОСТ 10840-64, ГОСТ 13586.1-68.

Табл. 1. Энергия и всхожесть семян при обработке препаратами, %

Tabl. 1. Energy and germination of seeds when treated with preparations, %

№ п/п	Вариант	Энергия	Всхожесть
1	К, 10 мл + N, 5 мл + SiO ₂ , 1 мл + Ca, 5 мл/т	86–88 (+1)	88–91 (+2)
2	Cu 2, 5 мл (> снижает энергию и всхожесть)	89–91 (+4)	89–91 (+3)
3	Mn 3, 5 мл/т (> на уровне контроля)	89–91 (+4)	91–92 (+4)
4	Ca 5, 5 мл/т (> снижает энергию и всхожесть)	86–91 (+2)	90–94 (+5)
5	Биогенное железо, 5 мл/т	88–91 (+4)	87–92 (+3)
6	Титан М, 50 мл/т	88–92 (+4)	87–93 (+3)
7	Титан М, 500 мл/т	92–94 (+7)	91–95 (+6)
8	Mo 2, 5 мл/т	87–90 (+3)	89–91 (+3)
9	Mo 2, 10 мл/т	95–97 (+10)	96–98 (+10)
10	Mo 2, 50 мл/т	91–94 (+7)	92–94 (+6)
11	Zn 2000 ppm, 10 мл/т	82–85 (–2)	82–87 (–2)
12	Mg, 20 мг/мл + ПВП частицы < 10 нм, 1–5 мл/т	84–88 (–)	87–91 (+2)
13	4 В 5 мг/г + ГК (10 %), 1 мл/т	83–87 (–1)	84–88 (–1)
14	P + K 10–12 мг/г + ПВП 15% + Ag-C 0,5 мг/г, 500 мл/т	83–88 (–)	83–88 (–1)
15	P + K 10–12 мг/г + ПВП 15% + Ag-C 0,5 мг/г, 1000 мл/т	85–87 (–)	87–89 (+1)
16	N + P 4–9 мг/г + ПВП 15% + Ag-C 0,5 мг/г, 10 мл/т	79–83 (–5)	82–86 (–3)
17	5 К, 10 мл/т	78–80 (–7)	88–90 (+2)
18	5 К, 50 мл/т	85–90 (+2)	88–90 (+2)
19	5 К, 100 мл/т	86–90 (+2)	87–91 (+2)
20	7 N, 100 мл/т (от 5–50 мл/т влияет положительно)	81–85 (–3)	88–92 (+3)
21	Контроль (вода)	84–88 (– 2,95)	86–88 (–)
	НСР ₀₅		2,99

Примечание. 1, 11–15, 18, 19 – нейтральное влияние; 16, 17, 20 – отрицательное; 3, 7, 9, 10 – положительное.

что по некоторым вариантам развитие ростков нормальное, без отставаний, по другим установлено влияние препарата по сдерживанию роста. Увеличение длины ростка наблюдали по препаратам Mn (10 мл/т), Ca (10), Mo (50), Титан М (50), биогенное Fe (5 мл/т), В (5 мг/г + ГК (10%), 1 мл/т), К (1000 мл/т). Из них значительное влияние оказали варианты: В 5 мг/г + ГК (10%), 1 мл/т, К 1000 мл/т. Увеличение длины ростка составило 1,0–3,2 см, или 7,8–25%, сырой массы ростка 0,5–1,4 г, или 6–8%. Обработка семян калием не оказала влияния на активность их прорастания, однако обработка прорастающего семени положительно повлияла на ростовые функции молодого растения. Угнетение роста растений тритикале наблюдали по следующим вариантам: Fe₃O₄, 5 + SiO₂, 2 + N, 5 + K, 10 мл/т; Fe₃O₄, 100 мл/т; Zn 2000 ppm, 10 мл/т; N + P

4–9 мг/г + ПВП 15 % + Ag-C, 10 мл/т. Отставание длины побега составило 1–3,5 см, массы – до 4 г. Нейтральное влияние (дозировка препарата недостаточная или само действие препарата имеет слабое влияние) имели варианты: Cu (2, 50 мл/т); Mn (3, 10 мл/т); Mo (2, 10 мл/т); Mg, (20 мг/мл) + ПВП < 10 нм, 1 мл/т); К (500 мл/т); N (10 мл/т). Влияние некоторых препаратов при сравнении общей длины ростка показывало отставание или было на уровне контроля, но при сравнении нормально развитых ростков их показатели увеличивались, что также подтверждается и сырой массой растений (см. табл. 2).

В полевом исследовании биогенного железа проводили обработку семян и растений по вегетации в основные фазы применения средств защиты. Всхожесть семян после обработки испытываемыми средствами в

Табл. 2. Рост растений яровой тритикале при обработке суточных проростков**Tabl. 2.** The growth of spring triticale plants when processing day old seedlings

№ п/п	Вариант	Нормально развитых растений, %	Длина ростка общая / нормально развитых растений, см	Масса ростка в пересчете на 100 растений, г
1	Fe ₃ O ₄ , 5 + SiO ₂ , 2 + N, 5 + K, 10 мл/т	85	11,71/12,61	9,05
2	Cu 2, 50 мл/т	85	12,70	9,47
3	Fe ₃ O ₄ , 100 мл/т	90	11,65/12,64	9,10
4	Mn 3, 10 мл/т	90	12,27/13,31	9,73
5	Ca 5, 10 мл/т	80	13,59	10,43
6	Ca 5, 50 мл/т	80	13,00	9,81
7	Биогенное Fe, 5 мл/т	90	13,58	9,88
8	Титан М, 50 мл/т	95	12,5/13,38	9,63
9	Mo 2, 10 мл/т	95	12,81	9,15
10	Mo 2, 50 мл/т	95	13,00/13,64	9,00
11	Zn 2000 ppm, 10 мл/т	90	9,25/9,88	5,85
12	Mg, 20 мг/мл + ПВП <10 нм, 1 мл/т	90	12,60	8,94
13	B 5 мг/г + ГК (10%), 1 мл/т	90	13,74–14,11	9,55
14	P + K 10–12 мг/г + ПВП15% + Ag-C, 10 мл/т	90	13,11	9,00
15	N + P 4–9 мг/г + ПВП15% + Ag-C, 10 мл/т	95	11,42	7,52
16	K, 500 мл/т	100	12,9	8,8
17	K, 1000 мл/т	95	14,33/15,96	9,62
18	N, 10 мл/т	90	12,69	8,61
19	Контроль (вода)	95	12,74	9,0
	HCP ₀₅	4,5	0,62	0,49

сравнении с контролем колебалась в пределах 60–79%. Отмечено влияние биогенного железа на снижение всхожести или торможение процессов прорастания семян. По мнению некоторых авторов, окислительный стресс, снижение прорастания семян могут вызвать наночастицы многих металлов (серебра, золота, железа), ферритов, а также оксидов цинка, никеля, меди, железа, титана, кремния [18–20]. Всхожесть семян при обработке биогенным железом снижалась на 4–10%. Применение железа, вероятно, необходимо ограничить для их обработки, так как это тормозит появление ростков и рост в первые фазы развития растений. Положительное влияние биогенное железо оказывало при обработке растений в период вегетации, особенно во время активного роста зеленых частей растения. Такое же влияние

обработка им оказывала на развитие корневой системы: рост главного корня увеличился на 1,2–1,8 см, или 9–12%, на 0,6–0,9 г его масса (см. табл. 3).

Применение химического протравливания снижало длину coleoptиле, и ни один из препаратов не имел положительного влияния на его реакцию. Длина ростка имела достоверное увеличение на 1,7 см только в варианте, где применяли жидкое удобрение, в варианте с биогенным железом отмечено снижение длины на 2,2 см и массы ростка на 0,9 г.

Эффективность снижения инфекции на семенах при зараженности грибами рода *Alternaria* – 10–12%, *Fusarium* – 2–7, *Bipolaris sorokiniana* – 0–2% при обработке химическим протравителем составила 100%, при включении в смесь биогенного железа и кремния снижение равнялось 90–95%.

Табл. 3. Всхожесть и развитие зародышевых органов на 7-е сутки после обработки

Tabl. 3. Germination and development of germinal organs on the 7th day after treatment

Вариант обработки	Всхожесть, %	Длина корня, см	Масса корней, г	Длина колеоп- тите, см	Длина ростка, см	Масса ростков, г
Протравитель + инсектицид + удобрение	(72–82) 77	12,99	1,84	4,75	11,37	3,62
		+0,49	+0,13	–2,0	+1,72	–0,08
Контроль (без обработки)	(73–86) 78	12,5	1,71	6,75	9,65	3,70
		–	–	–	–	–
Протравитель + биогенное Fe, 1 мл	(66–76) 61	14,1	2,67	4,1	7,4	2,73
		+1,6	+0,96	–2,65	–2,25	–0,97
Протравитель + SiO ₂ , 1 мл	(74–84) 79	14,3	2,54	4,75	9,3	3,39
		+1,8	+0,83	–2,0	–0,35	–0,31
Протравитель + SiO ₂ , 1 мл + биогенное Fe, 1 мл	(72–84) 78	13,7	2,34	5,0	9,7	3,56
		+1,2	+0,63	–1,75	+0,05	–0,14
НСР ₀₅		1,08	0,54	1,72	1,6	0,36

Проявление корневых гнилей в начальный период вегетации имеет большое влияние на дальнейший рост, развитие и урожайность культуры. В фазу кущения развитие болезни без обработки химическим протравителем составило 1,4%, распространение – 5,6%. В течение вегетации поражение увеличилось в 3 раза. Химическое протравливание на 100% защищало растения от корневых гнилей до фазы начала трубкования. В процессе вегетации снижение защитной функции против развития болезни происходило до 78–84 и 71–79% против ее распространения. Включение биогенного железа и кремния в

смесь к химическому протравителю снижало эффективность против корневых гнилей на 18–22% в начальный период вегетации, к периоду уборки культуры – на 30–40%. При обработке стандартной смесью (протравитель фунгицидный + инсектицидный протравитель + удобрение) эффективность была выше на 8–17% по отношению к применению протравителя в смеси с железом, кремнием (см. табл. 4).

Урожайность культуры в условиях средней засоренности перед обработкой гербицидами и слабым проявлением листостебельных заболеваний в период вегетации

Табл. 4. Эффективность обработки против корневых гнилей, %

Tabl. 4. Treatment efficacy against root rot, %

Вариант обработки	Фаза кущения			Перед уборкой		
	Развитие	Распро- странение	Эффектив- ность	Развитие	Распро- странение	Эффектив- ность
Протравитель + инсектицид + удобрение	0	0	100	0,72–1,01	2,90–4,05	84,42–78,2
Контроль (без обработки)	1,4	5,62	–	4,65	13,95	–
Протравитель + биогенное Fe, 1 мл	0,25	0,99	82,38	1,35	4,59	70,96
Протравитель + SiO ₂ , 1 мл	0,25	1,01	82,02	1,76	5,04	62,15
Протравитель + SiO ₂ , 1 мл + биогенное Fe, 1 мл	0,3	0,96	78,5	1,42	4,66	69,46
НСР ₀₅	0,22	0,92	6	0,32	1,2	8

составила от 2,4 т/га в контроле. При применении комплекса средств защиты растений произошло увеличение на 0,4 т/га, при двукратном применении биогенного железа при протравливании семян и в фазу колошения – на 0,56 т/га, при применении биогенного железа в фазы кущения и колошения в комплексе с кремнием – на 0,63 т/га. НСР₀₅ составила 0,2, что достоверно превышает значение стандартной схемы защиты (протравитель фунгицидный + инсектицидный протравитель + удобрение). Применение только кремния было на уровне стандартной защиты. При оценке применения биогенного железа его положительное влияние отмечено при обработке в фазы кущения и колошения и с большей эффективностью в фазу начала колошения в комплексе с фунгицидами или без них.

ВЫВОДЫ

1. Положительное влияние на энергию прорастания (на 4–10%) и всхожесть семян яровой тритикале оказало применение препаратов с содержанием меди, марганца, молибдена, биогенного железа, Титана М. Из них явное преимущество было у препаратов Титана М и молибдена (+7, +10%).

2. Эффективность применения наночастиц микроэлементов усиливается при включении стабилизаторов, которые повышают или снижают воздействие элементов.

3. Воздействие микроэлементов при обработке суточных проростков на длину ростка отмечено у препаратов марганца, кальция, молибдена, Титана М, биогенного железа, бора, калия; увеличение длины ростка составило 7,8–25%, его массы – 6–8%.

4. Применение биогенного железа при предпосевной обработке семян совместно с химическим протравителем способствовало росту корней на 12%; всхожесть семян при обработке биогенным железом снижалась на 4–10%.

5. Применение макро- и микроэлементов в смеси с химическим протравливанием снижало эффективность против корневых гнилей в течение вегетации на 16–30%.

6. Применение биогенного железа спо-

собствовало повышению урожайности на 0,5–0,6 т/га, или 23%, в системе комплексной защиты культуры по сравнению с контролем и 0,16–0,23 т/га – со стандартной схемой защиты культуры. Отмечено положительное влияние биогенного железа при обработке растений в фазу колошения как отдельного элемента технологии, так и в баковой смеси с фунгицидами.

7. Применение наночастиц макро- и микроэлементов, описанных в данном исследовании, возможно как для предпосевной обработки семян, так и в период вегетации для стимулирования роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сорока Т.А., Щукин В.Б., Ильясова Н.Я.* Влияние предпосевной обработки семян регуляторами роста, микроэлементами и препаратом Росток на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе южном // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 21–24.
2. *Achhari G.A., Kowshik M.* Recent Developments on Nanotechnology in Agriculture: Plant Mineral Nutrition, Health, and Interactions with Soil Microflora. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. Vol. 66 (33). P. 8647–8661. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b00691.
3. *Колмыкова О.Ю., Черкасов О.В.* Сравнительная оценка безопасного влияния нанопорошков железа, кобальта и меди на физиологические и биометрические показатели огурца в условиях нечерноземной зоны // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 1 (37). С. 31–36.
4. *Долгополова Н.В.* Эффективность действия микроэлемента молибдена на продуктивность озимой пшеницы в структуре севооборота // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 48–52.
5. *Гоман Н.В., Попова В.В., Бобренко И.А., Гайдар А.А.* Влияние предпосевной обработки семян хелатами цинка и меди на урожайность и качество зерна яровой пшеницы при возделывании в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (36). С. 6–12.

6. Prażak R., Świącilo A., Krzepilko A., Michalek S., Rczewska M. Impact of ag nanoparticles on seed germination and seedling growth of green beans in normal and chill temperatures // *Ariculture*. 2020. Vol. 8. N 10. P. 1–16. DOI: 10.3390/agriculture10080312.
7. Кушникаткина А.Н., Русяев И.Г. Агроэкологические аспекты применения комплексных микроэлементных удобрений и бактериальных препаратов в технологии возделывания яровой мягкой пшеницы // *Нива Поволжья*. 2018. № 1 (46). С. 41–45.
8. Семенов В.В., Золотарева Н.В., Петров Б.И., Лазарев Н.М., Сюбаева А.О., Кодочилова Н.А., Гейгер Е.Ю., Разов Е.Н. Получение водорастворимых хелатных соединений железа (ii) и их использование в качестве микроудобрений. Влияние промоторов растворимости на структуру урожая яровой пшеницы при некорневой подкормке // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. 2019. № 11 (3). С. 5–16. DOI: 10.14529/chem190301.
9. Гармаш Н.Ю., Политыко П.М., Гармаш Г.А., Новиков С.Ю., Соломатин А.В. Листовые обработки в интенсивных технологиях растениеводства // *Агрохимический вестник*. 2020. № 5. С. 38–40. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10066.
10. Вильдфлуш И.Р., Кулешова А.А. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста и продуктивность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 2. С. 71–76.
11. Хорошилов А.А., Павловская Н.Е., Бородин Д.Б., Яковлева И.В. Фотосинтетическая продуктивность и структура урожая яровой пшеницы под влиянием нанокремния в сравнении с биологическим и химическим препаратами // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. № 3. С. 487–499. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.487rus.
12. Сыщиков Д.В., Приходько С.А., Удодов И.А., Сыщикова О.В. Влияние комплекса хелатов микроэлементов на ростовые показатели растений на начальном этапе онтогенеза // *Промышленная ботаника*. 2017. № 17. С. 37–43.
13. Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Душкин А.В. Применение механокомплексов тебуконазола с полисахаридами растительного происхождения для защиты яровой пшеницы от болезней листьев // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. № 6. С. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1.
14. Premysl L. Positive effects of metallic nanoparticles on plants: Overview of involved mechanisms // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. Vol. 161. P. 12–24. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.01.039.
15. Rai-Kalal P., Jajoo A. Priming with zinc oxide nanoparticles improve germination and photosynthetic performance in wheat // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 160. P. 341–351. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.01.032.
16. Sotoodekhniya-Koran S., Iranbakhsh A., Ebadi M., Majd A., Ardebili Z.O. Selenium nanoparticles induced variations in growth, morphology, anatomy, biochemistry, gene expression, and epigenetic DNA methylation in *Capsicum annum*; an in vitro study // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 265. (Pt B). DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114727.
17. Короткова А.М., Лебедев С.В., Русакова Е.А. ДНК-повреждающие эффекты наночастиц Ni и NiO в растениях вида *Triticum vulgare* // *Вестник Оренбургского государственного университета*, 2015. № 10 (185). С. 24–26.
18. Короткова А.М., Лебедев С.В., Каюмов Ф.Г., Сизова Е.А. Морфофизиологические изменения у пшеницы (*Triticum vulgare* L.) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe₃O₄, CuO, NiO) // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 1. С. 172–182. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.172rus.
19. Короткова А.М., Галактионова Л.В., Кван О.В., Терехова Н.А., Орлова В.А., Петров М.И. Оценка биологической активности комплексов наночастиц магнетита, оксида кремния и молибдена с гуминовыми кислотами в тесте *Triticum aestivum* и *Hordeum vulgare* // *Проблемы региональной экологии*. 2018. № 4. С. 31–35. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-14031.
20. Ручкин С.В., Иванищев В.В. Влияние присутствия сульфата железа в среде на формирование проростков пшеницы // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. 2019. № 2. С. 31–38.

REFERENCES

1. Soroka T.A., Shchukin V.B., Il'yasova N.YA. Effect of presowing treatment of seeds with growth regulators, trace elements and Rostok preparation on the yield and quality of grain of winter wheat cultivated on south chernozem soils. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2017, no. 2 (64), pp. 21–24. (In Russian).
2. Achari G.A., Kowshik M. Recent Developments on Nanotechnology in Agriculture: Plant Mineral Nutrition, Health, and Interactions with Soil Microflora. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018, vol. 66 (33), pp. 8647–8661. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b00691.
3. Kolmykova O.YU., Cherkasov O.V. Comparative evaluation of safe effects of iron, cobalt and copper nanopowders on physiological and biometric parameters of cucumber in the non-chernozem zone. *Vestnik ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2018, no. 1 (37), pp. 31–36. (In Russian).
4. Dolgoplova N.V. Efficiency of action of molybdene microelement on productivity of winter wheat in the structure of crop rotation. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2019, no. 1, pp. 48–52. (In Russian).
5. Goman N.V., Popova V.V., Bobrenko I.A., Gaidar A.A. Influence of pre-sowing treatment of seeds with zinc and copper chelates on yield and grain quality of spring wheat cultivated in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Omsk State Agrarian University*, 2019, no. 4 (36), pp. 6–12. (In Russian).
6. Prażak R., Świącilo A., Krzepińko A., Michałek S., Rczewska M. Impact of ag nanoparticles on seed germination and seedling growth of green beans in normal and chill temperatures. *Agriculture*, 2020, vol. 8, no. 10, pp. 1–16. DOI: 10.3390/agriculture10080312.
7. Kshnikatkina A.N., Rusyaev I.G. Agroecological aspects of application of complex microelement fertilizers and bacterial preparations in the technology of cultivation of spring soft wheat. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2018, no. 1 (46), pp. 41–45. (In Russian).
8. Semenov V.V., Zolotareva N.V., Petrov B.I. Lazarev N.M., Syubaeva A.O., Kodochilova N.A., Geiger E.YU., Razov E.N. Preparation of water-soluble chelate compounds of iron(ii) and their use as microfertilizers. Influence of solubility promoters on the structure of spring wheat harvest under foliar treatment. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the South Ural State University*, 2019, no. 11 (3), pp. 5–16. (In Russian). DOI: 10.14529/chem190301.
9. Garmash N.YU., Polityko P.M., Garmash G.A., Novikov S.YU., Solomatin A.V. Leaf treatment in intensive technologies of crop production. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Bulletin*, 2020, no. 5, pp. 38–40. (In Russian). DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10066.
10. Vildflush I.R., Kuleshova A.A. Influence of macro-, microfertilizers and growth regulators on growth dynamics and productivity of spring wheat on sod-podzolic light loamy soil. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of Belarusian State Agricultural Academy*, 2020, no. 2, pp. 71–76. (In Belarus).
11. Khoroshilov A.A., Pavlovskaya N.E., Borodin D.B., Yakovleva I.V. Photosynthetic productivity and yield structure of spring wheat under the influence of nanosilicon in comparison with biological and chemical preparations. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2021, vol. 56, no. 3, pp. 487–499. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.487rus.
12. Syshchikov D.V., Prikhodko S.A., Udodov I.A., Syshchikova O.V. Influence of complex chelate trace elements on the growth performance of plants at the initial stage of ontogenesis. *Pro-myshlennaya botanika = Industrial Botany*, 2017, no. 17, pp. 37–43. (In Russian).
13. Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Dushkin A.V. Application of mechanocomplexes of tebukonazole with vegetable organic polysaccharides for protection of spring wheat from leaf diseases. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 6, pp. 5–15. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1.
14. Premysl L. Positive effects of metallic nanoparticles on plants: Overview of involved mechanisms. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2020, vol. 161, pp. 12–24. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.01.039.

15. Rai-Kalal P., Jajoo A. Priming with zinc oxide nanoparticles improve germination and photosynthetic performance in wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2021, vol. 160, pp. 341–351. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.01.032.
16. Sotoodekhniya-Koran, S., Iranbakhsh A., Ebadi M., Majd A., Ardebili Z.O. Selenium nanoparticles induced variations in growth, morphology, anatomy, biochemistry, gene expression, and epigenetic DNA methylation in *Capsicum annuum*; an in vitro study. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 265 (Pt B). DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114727.
17. Korotkova A.M., Lebedev S.V., Rusakova E.A. DNA-damaging effects of Ni and NiO nanoparticles in plants *Triticum vulgare*. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik of Orenburg State University*, 2015, no. 10 (185), pp. 24–26. (In Russian).
18. Korotkova A.M., Lebedev S.V., Kayumov F.G., Sizova E.A. Biological effects of wheat (*Triticum vulgare* L.) under the influence of nanoparticles of metals (Fe, Cu, Ni) and their oxides (Fe₃O₄, CuO, NiO). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiia = Agricultural Biology*. 2017, vol. 52. no. 1, pp. 172–182. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.172rus.
19. Korotkova A.M., Galaktionova L.V., Kvan O.V., Terekhova N.A., Orlova B.A., Petrov M.I. Evaluation of the biological activity of complexes of magnetite, silicon oxide and molybdenum nanoparticles with humic acids in *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare* test. *Problemy regional'noi ehkologii = Problems of Regional Ecology*, 2018, no. 4. pp. 31–35. (In Russian). DOI: 10.24411/1728-323X-2018-14031.
20. Ruchkin S.V., Ivanishchev V.V. Effect of the presence of ferrous sulfate on the formation of wheat seedlings. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki = Proceedings of Tula State University. Natural Sciences*, 2019, no. 2, pp. 31–38. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Тимофеев В.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 625501, Тюмень, пос. Московский, ул. Бурлаки, 2; e-mail: Timofeev_vn2010@mail.ru

Вьюшина О.А., научный сотрудник; e-mail: Timofeev_vn2010@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vyacheslav N. Timofeev**, Candidate of Science in Agriculture, Researcher; **address:** 2, Burlaki street, Moskovsky settl., Tyumen district, Tyumen region, 625501, Russia; e-mail: Timofeev_vn2010@mail.ru

Olga A. Vyushina, Researcher; e-mail: Timofeev_vn2010@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.12.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022



СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОЙ ГРУППЫ ГЕРЕФОРДСКИХ КОРОВ, УЛУЧШЕННЫХ БЫКАМИ КАНАДСКОЙ РЕПРОДУКЦИИ

Инербаев Б.О., Храмцова И.А., (✉) Инербаева А.Т.

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

Представлены результаты исследований по созданию селекционной группы герефордских коров в племенном репродукторе Новосибирской области. Установлено, что по живой массе наименьший коэффициент изменчивости имеют коровы с 3-го по 7-й отел (от 1,9 до 2,7%), по молочности – от 1,9 до 5,6%. По высоте в крестце (характеризующая выраженность типа) вариация составила 1,3–1,6%. Исходя из этих показателей отобрана и оценена селекционная группа коров в количестве 82 гол. В среднем живая масса животных составила 570,5 кг с превосходством показателя стандарта породы на 50,5 кг, или 9,7%, и соответствовала классу элита-рекорд. Селекционный дифференциал по живой массе коров всего стада и селекционной группы составил 11 кг. С учетом коэффициента наследуемости и эффекта селекции на первое поколение для достижения показателей желательного типа на основе коров селекционной группы понадобится 3,5 поколения (10,5 лет), соответственно по молочности – 3,9 поколения (4,5 года). Более эффективного селекционного достижения можно добиться по высоте в крестце (1,1 поколения и 3,3 года). Десять быков-производителей, отобранных для заказного спаривания, однородны и оценены классом элита-рекорд. По живой массе превосходили стандарт породы в 3 года на 151,5 кг (8,1%), в 5 лет и старше – на 115,3 кг (14,1%). Они характеризуются хорошо выраженным желательным типом телосложения. Быки-производители, полученные от кросса канадской и сибирской селекций с комплексным индексом «Б», по качеству потомства 104–105 признаны улучшателями.

Ключевые слова: порода, селекционная группа, живая масса, молочность, изменчивость, поколение

CREATION OF A BREEDING GROUP OF HEREFORD COWS IMPROVED BY BULLS OF CANADIAN REPRODUCTION

Inerbaev B.O., Khramtsova I.A., (✉) Inerbaeva A.T.

Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Science

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉) e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

The results of research on the creation of a breeding group of Hereford cows at the Novosibirsk Region breeding reproducer are presented. It was found that cows from the 3rd to 7th calves have the lowest coefficient of variability for live weight (from 1.9 to 2.7%), for milk yield - from 1.9 to 5.6%. The variation in height at hips (characterizing the manifestation of the type) was from 1.3-1.6%. Based on these indicators, a breeding group of 82 cows was selected and evaluated. The average live weight of the animals was 570.5 kg, which exceeds the standard of the breed by 50.5 kg or 9.7%, and corresponded to the elite-record class. The selection differential by live weight of cows of the whole herd and breeding group was 11 kg. Taking into account the coefficient of inheritance and the effect of selection on the first generation to achieve the indicators of the desirable type based on the

cows of the breeding group will take 3.5 generations (10.5 years), respectively, for milk yield - 3.9 generations (4.5 years). More effective breeding achievement can be achieved in height at hips (1.1 generations and 3.3 years). Ten stud bulls selected for custom mating are homogeneous and rated elite-record class. They exceeded the breed standard by 151.5 kg (8.1%) in live weight at 3 years of age and by 115.3 kg (14.1%) at 5 years and older. They are characterized by a well-defined desirable type of constitution. Stud bulls obtained from the cross of the Canadian and Siberian selections with the complex index "B", according to the quality of progeny 104-105 recognized as improveers.

Keywords: breed, breeding group, live weight, milk content, variability, generation

Для цитирования: Инербаев Б.О., Храмцова И.А., Инербаева А.Т. Создание селекционной группы герефордских коров, улучшенных быками канадской репродукции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 48–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-5>

For citation: Inerbaev B.O., Khramtsova I.A., Inerbaeva A.T. Creation of a breeding group of Hereford cows improved by bulls of Canadian reproduction. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 48–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие отрасли специализированного мясного скотоводства в Российской Федерации – приоритетная задача для сельского хозяйства. С 2010 по 2019 г. производство крупного рогатого скота на убой в живом весе уменьшилось от 3030,0 до 2827,1 тыс. т, или на 202,9 тыс. т (–6,7%). Это следствие сокращения численности коров молочно-направленного продуктивности и свёрхремонтного молодняка в доле откормочного поголовья¹ [1, 2]. Их могут заменить только животные мясных пород, поэтому создание новых генотипов крупного рогатого скота с высокой мясной продуктивностью – основная цель селекционно-племенной работы в специализированных мясных стадах. По прогнозам, к 2025 г. поголовье мясного скота специализированных мясных пород должно составить 10 млн гол. [3]. В настоящее время развитие мясного скотоводства осуществляется как при использовании отечественных пород скота, так и с привлечением пород скота зарубежных стран^{2,3}. Герефордская порода крупного рогатого скота в племенных хозяй-

ствах Российской Федерации по численности является третьей и самой распространенной среди импортных специализированных мясных пород в Сибири.

В настоящее время с приходом рыночных отношений под влиянием экономических факторов у отрасли мясного скотоводства России и СНГ появилась возможность расширить маркетинговую нишу на рынке сельскохозяйственной продукции. Вследствие этого возрастает роль племенных хозяйств в увеличении численности популяции мясного скота.

Работа с породами крупного рогатого скота, в частности с герефордами сибирской селекции, должна быть направлена на повышение эффективности использования кормовых и технологических ресурсов через создание новых селекционных групп. Известно, что все породы животных, разводимые в мире путем искусственного отбора человека, нуждаются в постоянном совершенствовании племенных и продуктивных качеств на перспективу. В противном случае под воздействием как факторов естественного отбора, так и экологического давления

¹Дунин И.М., Бутусов Д.В., Шичкин Г.И. и др. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2019). М., 2020. 442 с.

²Гизатуллин Р.С., Седых Т.А. Состояние и перспективы наращивания производства говядины в Республике Башкортостан // Достижения науки и инновации – аграрному производству: материалы нац. науч. конф. Уфа, 2017. С. 208–215.

³Хамидуев Т.Н., Тюкавкин А.А. Герефорды канадской селекции в Забайкалье // Мясное скотоводство на засушливых территориях юга Средней Сибири: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Хакасия, 2017. С. 76–80.

любая порода вырождается. В связи с этим герефордов отечественной репродукции совершенствуют путем прилития крови животных канадской селекции как для улучшения племенных, так и мясных качеств [4–10]⁴. Аналогичная работа начата в племенных хозяйствах Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом многолетних исследований стали животные специализированной мясной герефордской породы. По общепринятой методике определены изменчивость основных признаков чистопородного герефордского скота племенного репродуктора «Вознесенское» Новосибирской области.

Рассчитаны показатели селекционного дифференциала по показателям продуктивности и проведена оценка быков-производителей по качеству потомства с определением селекционного индекса «Б». Для этого отобраны для контрольного выращивания 30 их сыновей по 10 от каждого. Испытание быков по собственной продуктивности проводили с 8- до 15-месячного возраста по четырем признакам: живой массе в 15-месячном возрасте, среднесуточному приросту

с 8- до 15-месячного возраста, прижизненной оценке мясных качеств и выраженности типа телосложения⁵.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно нормам оценки племенных качеств крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, утвержденным Министерством сельского хозяйства РФ, животные распределяются на следующие группы:

- племенное ядро – лучшая часть стада, составляющая 50–60% от общего поголовья коров в стаде;
- селекционная группа (быковоспроизводящая), входящая в племенное ядро, – 18–20% от общего поголовья коров стада;
- производственная группа – коровы, не включенные в племенное ядро, находящиеся в стаде.

Для дальнейшего совершенствования стада наиболее ценной является селекционная группа, поэтому большое значение для ее формирования имеет ее консолидированность по основным признакам.

В ходе эксперимента проведена биометрическая обработка по трем признакам: живой массе, молочности и высоте в крестце коров (см. табл. 1).

Табл. 1. Основные показатели продуктивности и экстерьера коров герефордской породы по отелам, кг/см

Table. 1. The main indicators of productivity and exterior of Hereford cows by calving, kg/cm

Отел	n	Показатель					
		Живая масса		Молочность		Высота в крестце	
		$M \pm m$	Cv	$M \pm m$	Cv	$M \pm m$	Cv
1-й	21	477,8 ± 7,2	6,9	185,6 ± 2,4	6,0	123,7 ± 0,5	2,1
2-й	24	522,7 ± 6,5	6,1	186,9 ± 3,3	8,6	122,8 ± 0,4	1,8
3-й	22	553,6 ± 3,1	2,6	202,1 ± 2,0	4,8	123,5 ± 0,4	1,3
4-й	18	544,4 ± 2,6	2,0	214,9 ± 2,5	4,8	124,3 ± 0,4	1,5
5-й	19	551,3 ± 3,4	2,7	216,9 ± 2,8	5,6	124,0 ± 0,4	1,3
6-й	22	553,5 ± 2,3	1,9	226,6 ± 0,9	1,9	124,9 ± 0,3	1,4
7-й	17	551,8 ± 2,8	2,1	226,5 ± 1,9	3,5	124,6 ± 0,5	1,6
8-й	19	553,6 ± 5,3	4,2	211,4 ± 4,1	8,4	122,3 ± 0,5	1,6
9-й	16	569,3 ± 7,8	5,5	217,9 ± 3,7	6,8	121,7 ± 0,7	2,3
10-й	14	570,2 ± 14,9	9,8	215,5 ± 4,2	7,3	121,9 ± 0,9	2,7

⁴Кузьмина Т.Н. Результаты исследований по улучшению генетического потенциала герефордской породы крупного рогатого скота отечественной селекции // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XI Междунар. науч.-практ. интернет-конф. 2019. С. 25–29.

⁵Амерханов Х.А., Дунин И.М., Шаркаев А.А. Нормы оценки племенных качеств крупного рогатого скота мясного направления продуктивности // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М., 2010. С. 5–10.

По живой массе наименьший коэффициент изменчивости имели коровы с 3-го по 7-й отел – от 1,9 до 2,7%, по молочности – от 1,9 до 5,6%. По высоте в крестце (характеризующая выраженность типа) вариация составила от 1,3 до 1,6%. В связи с этим в селекционную группу отобраны 82 коровы этих лактаций как наиболее однородные, что позволит повысить эффективность племенной работы. В нее вошли представительницы как сибирской репродукции, так и улучшенные канадскими производителями. В сред-

нем живая масса коров составила 570,5 кг с превосходством показателя стандарта породы на 50,5 кг, или 9,7%, и соответствовала классу элита-рекорд (см. табл. 2).

Наивысший показатель составил 670 кг. По молочности, высоте в крестце, живой массе бычков в 12 и 15 мес оценены классом элита.

Коровы характеризуются выраженностью типа породы, гармоничным телосложением и соответствуют желательному экстерьерно-конституциональному типу (см. рис. 1).

Табл. 2. Показатели продуктивности и высоты в крестце селекционной группы коров племенного репродуктора «Вознесенское»

Table. 2. Indicators of productivity and height in the sacrum of the breeding group of cows of the «Voznesenskoye» pedigree breeding unit

Показатель	Значение			Класс
	$M \pm m$	Б	Сv	
Живая масса коров, кг	570,5 ± 3,11	28,2	4,9	Элита-рекорд
Молочность коров по живой массе телят в 205 дней	210,3 ± 0,93	8,4	3,9	Элита
Высота в крестце коров, см	130,1 ± 0,34	3,1	2,4	»
Живая масса бычков в 12 мес, кг	338,2 ± 1,06	9,6	2,8	»
Живая масса бычков в 15 мес, кг	414,4 ± 1,2	11,2	2,7	»



Рис. 1. Лучшие представительницы селекционной группы

Fig. 1. The best representatives of the breeding group

Прилитие крови герефордских быков-производителей канадской репродукции оказало статистически достоверное влияние ($p > 0,95-0,99$) – от 23,5 до 60,5%, за исключением живой массы бычков в 12-месячном возрасте (см. табл. 3). Считаем, что это стало следствием стресса у бычков после отъема от матерей. Селекционный дифференциал по живой массе коров всего стада и селекционной группы составил 11 кг (см. табл. 4).

С учетом коэффициента наследуемости и эффекта селекции на первое поколение

для достижения показателей желательного типа на основе коров селекционной группы понадобится 3,5 поколения (10,5 лет), соответственно по молочности – 3,9 поколения и 4,5 года. Более эффективного селекционного достижения можно добиться по высоте в крестце (1,1 поколения и 3,3 года).

Для заказного спаривания с коровами отобраны 10 высокопродуктивных быков-производителей (см. табл. 5).

Животные однородные, оценены классом элита-рекорд и превосходят стандарт поро-

Табл. 3. Влияние быков-производителей канадской селекции на продуктивность и промер животных

Table. 3. The influence of Canadian breeding stud bulls on the productivity and size of animals

Показатель	Селекция		Разница	Сила влияния (h_x^2), %	p
	сибирская	канадская			
Живая масса коров, кг	530,6 ± 8,21	564,1 ± 5,49	+33,5	38,3	> 0,99
Молочность коров по живой массе телят в 205 дней, кг	205,2 ± 2,21	217,6 ± 0,79	+12,4	60,5	> 0,99
Высота в крестце коров, см	128,4 ± 0,21	130,3 ± 0,33	+1,9	23,5	> 0,95
Живая масса бычков в 12 мес, кг	338,3 ± 1,88	341,5 ± 1,89	+3,2	2,7	< 0,90
Живая масса бычков в 15 мес, кг	415,5 ± 2,47	424,9 ± 1,94	+9,4	30,8	> 0,99

Табл. 4. Прогноз эффективности селекции по лучшим генотипам коров

Table. 4. Prediction of breeding efficiency by the best genotype of cows

Показатель	Хозяйственно полезный признак		
	живая масса, кг	молочность, кг	высота в крестце, см
По стаду	559	204	130
Желательного типа	570	210	131
Селекционный дифференциал	11	6	1
Коэффициент наследуемости	0,28	0,66	0,89
Эффект селекции на первое поколение	3,1	3,9	0,9
Потребность в смене поколений	3,5	1,5	1,1
Срок достижения показателя, лет	10,5	4,5	3,3

Табл. 5. Живая масса быков-производителей, кг

Table. 5. Live weight of stud bulls, kg

Возраст	Показатель			± к стандарту породы, кг/%
	$M \pm m$	Б	C_v	
3 года	821,5 ± 1,19	2,4	0,29	151,5/22,6
5 лет и старше	935,3 ± 5,33	13,1	1,39	115,3/14,1

ды в 3 года на 151,5 кг (8,1%), в 5 лет и старше – на 115,3 кг (14,1%). Они характеризуются хорошо выраженным желательным типом телосложения (см. рис. 2).

Энергия роста молодняка в мясном скотоводстве на протяжении многих лет оставалась на одном и том же уровне. Причина медленного совершенствования скота мясных пород заключается не в консерватизме наследственности, а в методе его совершенствования. Долгое время селекцию мясного скота проводили по комплексу признаков. Этот метод не оправдал себя не только в нашей стране, но и за рубежом, поскольку суж-

дение о племенных достоинствах быка только по его происхождению, фенотипическим признакам недостаточно и не дает надежных результатов. Требуется оценка бычков по собственной продуктивности, взрослых быков-производителей – по качеству потомства.

В 2020 г. в ОАО «Вознесенское» была начата работа по оценке трех быков-производителей (Идеал 4127, Диего 4235 и Барс 53510) по качеству потомства (см. табл. 6).

По результатам испытания быки-производители Идеал 4127 и Диего 4235, полученные от кросса канадской и сибирской селекции, оценены классом элита. С ком-



Рис. 2. Бык-производитель Аракс 40295
(6 лет – 932-137-86, элита-рекорд)

Fig. 2. Stud bull Araks 40295
(6 years old-932-137-86, elite-record)

Табл. 6. Результаты оценки быков-производителей по качеству потомства

Table. 6. The results of the evaluation of stud bulls by the quality of the offspring

Бык-производитель	Живая масса в возрасте 15 мес, кг	Среднесуточный привес от 8 до 15 мес, г	Прижизненная оценка мясных качеств, балл	Выраженность типа телосложения, балл	Класс	Комплексный индекс по качеству потомства (Б)
Идеал 4127	429,0	1001,9	51,6	4	Элита	104
Диего 4235	427,9	986,7	54,3	4	»	105
Барс 53510	408,9	924,8	54,5	3,8	1	101

плексным индексом «Б» по качеству потомства 104–105 они признаны улучшателями.

Бычки с комплексным индексом по собственной продуктивности «А» 112,0–113,0 рекомендованы для ремонта поголовья быков-производителей. Среднесуточный прирост живой массы их составил 1038,1–1104,8 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На перспективу племенную работу с наиболее распространенными в Сибири животными герефордской породы необходимо проводить путем создания в стадах новых селекционных групп. Они должны быть однородными и консолидированными, что выражается в коэффициенте изменчивости по основным признакам. Установлено, что наименьший коэффициент изменчивости имеют коровы с 3-го по 7-й отел – от 1,3 до 5,6%. Исходя из этих показателей отобрана и оценена селекционная группа коров в племенном репродукторе «Вознесенское» в количестве 82 гол. В среднем живая масса коров составила 570,5 кг с превосходством показателя стандарта породы на 50,5 кг, или 9,7%, и соответствовала классу элита-рекорд. Прилитие крови герефордских быков-производителей канадской репродукции оказало существенное статистически достоверное влияние ($p > 0,95–0,99$) – от 23,5 до 60,5.

Селекционный дифференциал по живой массе коров всего стада и селекционной группы составил 11 кг. С учетом коэффициента наследуемости и эффекта селекции на первое поколение для достижения показателей желательного типа на основе коров селекционной группы понадобится 3,5 поколения, или 10,5 лет, по молочности – 3,9 поколения и 4,5 года. Более эффективного селекционного достижения можно добиться по высоте в крестце (1,1 поколения и 3,3 года).

Для заказного спаривания с ними отобраны 10 высокопродуктивных быков-производителей, в том числе полученных от кросса с канадскими герефордами. Животные однородные, оценены классом элита-рекорд и превосходят стандарт породы в 3 года на 151,5 кг (8,1%), в 5 лет и старше на 115,3 кг

(14,1%), характеризуются хорошо выраженным желательным типом телосложения.

По результатам испытания быки-производители Идеал 4127 и Диего 4235, полученные от кросса канадской и сибирской селекции, оценены классом элита. С комплексным индексом «Б» по качеству потомства 104–105 признаны улучшателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовскова М.П. Герефордская порода в России: современное состояние и перспективы развития // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 3. С. 23–27.
2. Минаков И.А., Бекетов А.В., Кувишинов В.А. Эффективность выращивания и откорма крупного рогатого скота // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (60). С. 212–216.
3. Амерханов Х.А., Мирошников С.А., Костюк Р.В. Проект концепции устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации до 2030 года // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 1 (97). С. 7–11.
4. Бахареv А.А., Шевелева О.М., Беседина Г.Н. Характеристика и история формирования мясного скотоводства в Тюменской области // Мир инноваций. 2017. № 1. С. 65–69.
5. Хакимов И.Н., Живалбаева А.А. Мясные качества молодняка герефордской породы разных генотипов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 63–67.
6. Дунина В.А., Гостева Е.Р., Козлова Н.Н. Повышение генетического потенциала основных пород сельскохозяйственных животных Поволжья // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (25). С. 24–26.
7. Иванова И.П., Косенчук О.В. Экстерьерные особенности молодняка мясного направления продуктивности в зависимости от генотипа // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (34). С. 102–108.
8. Косяченко Н.М., Коновалов А.В. Оценка степени селекционной рентабельности пород крупного рогатого скота, разводимых в Ярославской области // Аграрный вестник Верхневолжья. 2014. № 4. С. 24–26.
9. Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Оценка эффективности использования корма молод-

няком герефордской породы разных эколого-генетических групп // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. С. 134–141.

10. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников: монография. М.: Колос, 1969. 255 с.

REFERENCES

1. Dubovskova M.P. The Hereford breed in Russia: current state and development prospects. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2019, no. 3, pp. 23–27. (In Russian).
2. Minakov I.A., Beketov A.V., Kuvshinov V.A. The efficiency of growing and fattening cattle. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2020, no. 1 (60), pp. 212–216. (In Russian).
3. Amerkhanov Kh.A., Miroshnikov S.A., Kostyuk R.V. Draft concept for the sustainable development of beef cattle breeding in the Russian Federation for the period up to 2030. *Vestnik myasnogo skotovodstva = Herald of Beef Cattle Breeding*, 2017, no. 1 (97), pp. 7–11. (In Russian).
4. Bakharev A.A., Sheveleva O.M., Besedina G.N. Characteristics and history of beef cattle breeding in the Tyumen region. *Mir innovatsii = World of innovation*, 2017, no. 1, pp. 65–69. (In Russian).
5. Khakimov I.N., Zhivalbaeva A.A. Meat quality of different genotypes of Hereford breed calves. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 2017, no. 1, pp. 63–67. (In Russian).
6. Dunina V.A., Gosteva E.R., Kozlova N.N. Increasing of the main agricultural animal breed genetic potential of Povolzhye. *Vestnik Kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik Kurganskoy GSKhA*, 2018, no. 1 (25), pp. 24–26. (In Russian).
7. Ivanova I.P., Kosenchuk O.V. Exterior features of youngsters for meat production depending on their genotype. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk SAU*, 2019, no. 2 (34), pp. 102–108. (In Russian).
8. Kosyachenko N.M., Konovalov A.V. Estimation of plant breeding profitability degree of cattle breeds in Yaroslavl region. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya = Agrarian journal of Upper Volga region*, 2014, no. 4, pp. 24–26.
9. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. Evaluation of the efficiency of feed use by young Hereford cattle of different ecological and genetic groups. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal husbandry and fodder production*, 2020, vol. 103, no. 1, pp. 134–141. (In Russian).
10. Plokhinskii N.A. *Guide to biometrics for zootechnicians*. Moscow, Kolos Publ., 1969, 255 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Инербаев Б.О., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией

Храмцова И.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

✉ **Инербаева А.Т.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Bazarbai O. Inerbaev, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher, Laboratory Head

Irina A. Khramtsova, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

✉ **Aigul T. Inerbaeva**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.10.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022

ЭНДОПАРАЗИТЫ БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ (*CERVUS ELAPHUS XANTHOPYGUS*) НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

✉ Третьяков А.М., Боярова Л.И., Черных В.Г., Кирильцов Е.В.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири –

филиал Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук
Забайкальский край, Чита, Россия

✉ e-mail: vetinst@sfscs.ru

Представлены результаты (2019–2021 гг.) паразитологических исследований патологического материала от 91 особи благородного оленя (*Cervus elaphus xanthopygus*). На территории Забайкальского края зарегистрирована зараженность благородного оленя восемью видами эндопаразитов: *Protostrongylus kochi* (подотряд *Strongylata* пищеварительного тракта), *Moniezia benedeni*, *Trichostrongylus* spp., *Dicrocoelium lanceatum*, *Echinococcus granulosus larva*, *Cysticercus tenuicollis*, *Eimeria* spp. Экстенсивность инвазии составляет 86,8% (*Cysticercus tenuicollis*) и 57,1% (*Echinococcus granulosus larva*), что свидетельствует о наличии природных очагов по данным гельминтозам и их широкой распространенности. Обнаружены неспецифичные для Забайкальского края гельминты *Dicrocoelium lanceatum* в желчных протоках печени у одного из исследованных благородных оленей. Данный факт свидетельствует о наличии всех условий (промежуточных хозяев) для распространения инвазии, в том числе и на сельскохозяйственных животных. Для сохранения ветеринарно-санитарного благополучия охотничьего хозяйства в Забайкальском крае, исходя из полученных данных, сформулированы основные принципы профилактики зарегистрированных гельминтозов. Для предупреждения распространения среди диких копытных животных эхинококкоза, цистицеркозов (ларвальные цестодозы) необходима усиленная борьба с волками, лисицами и с бродячими собаками, а также обязательная систематическая дегельминтизация собак (ежеквартально), допускаемых на территорию охотхозяйств. В целях профилактики ларвальных цестодозов необходимо уничтожение внутренностей, добытых в результате охоты животных, неиспользование их в корм собакам в сыром виде. Для профилактики имагинальных гельминтозов у копытных необходимо осуществлять постоянный мониторинг гельминтоносительства. По результатам исследований составлен план противогельминтных мероприятий. Для дегельминтизации диких животных применяют оральные антигельминтные препараты, которые размещают на подкормочных площадках в смеси с сыпучими кормами (дробленое зерно).

Ключевые слова: эндопаразиты, гельминты, благородный олень, охотничье хозяйство

ENDOPARASITES OF RED DEER (*CERVUS ELAPHUS XANTHOPYGUS*) IN THE TRANS-BAIKAL TERRITORY

✉ Tretyakov A.M., Boyarova L.I., Chernykh V.G., Kiriltsov E.V.

Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia - branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Trans-Baikal Territory, Chita, Russia

✉ e-mail: vetinst@sfscs.ru

The paper presents the results (2019-2021) of parasitological studies of pathological material from 91 individuals of red deer (*Cervus elaphus xanthopygus*). Infestation of red deer with eight species of endoparasites has been registered in the Trans-Baikal Territory was registered: *Protostrongylus kochi*, suborder *Strongylata* of the digestive tract, *Moniezia benedeni*, *Trichostrongylus* spp., *Dicrocoelium lanceatum*, *Echinococcus granulosus larva*, *Cysticercus tenuicollis*, *Eimeria* spp. The intensity of infestation is 86.8% (*Cysticercus tenuicollis*) and 57.1% (*Echinococcus granulosus larva*), indicating the presence of natural foci on these helminths and their widespread distribution. Helminths *Dicrocoelium lanceatum* unspecific for Trans-Baikal Territory were detected in the bile ducts of the liver of one of the examined red deer. This fact indicates the presence of all conditions (the presence of intermediate hosts) for the spread of invasion, including on farm animals. To maintain the veterinary and sanitary well-being of the hunting industry in the Trans-Baikal Territory,

the main principles of prevention of registered helminth infections were formulated based on the data obtained. To prevent the spread of echinococcosis, cysticercosis (larval cestodosis) among wild ungulates, increased control of wolves, foxes and stray dogs, as well as mandatory systematic deworming of dogs (quarterly) allowed in hunting farms is necessary. In order to prevent larval cestodosis it is necessary to destroy entrails of hunted animals and not use them raw as food for dogs. To prevent imaginal helminth infestations in ungulates, continuous monitoring of helminth carriage is necessary. Based on the results of these studies, a plan of helminthic measures is drawn up. For deworming wild animals, oral anthelmintic drugs are used, which are laid out on feeding grounds mixed with loose feed (crushed grain).

Keywords: endoparasites, helminths, red deer, hunting economy

Для цитирования: Третьяков А.М., Боярова Л.И., Черных В.Г., Кирильцов Е.В. Эндопаразиты благородного оленя (*Cervus elaphus xanthopygus*) на территории Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 56–62. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-6>

For citation: Tretyakov A.M., Boyarova L.I., Chernykh V.G., Kiriltsov E.V. Endoparasites of red deer (*Cervus elaphus xanthopygus*) in the Trans-Baikal Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 56–62. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Охотничье-промысловые копытные животные широко распространены на территории Забайкальского края. Они играют существенную роль в жизни человека. Практическое значение благородных оленей связано со спортивной охотой и с получением от животных органических продуктов питания и важных биологических веществ (панты, железы) для изготовления лекарственных веществ, камусов для пошива обуви. В настоящее время во многих научных и практических работах показано, что дикие копытные – важные и наиболее перспективные охотничьи и рекреационные ресурсы фауны России [1, 2]. Основными факторами, сдерживающими увеличение численности диких копытных в природных условиях, а также затрудняющими работы вольерного разведения, являются гельминтозы¹ [3–7].

Один из охотничьих ресурсов копытных животных в Забайкалье – благородный олень (изюбрь) (*Cervus elaphus xanthopygus*). Изучение эндопаразитов данного вида животных представляется актуальным с не-

скольких точек зрения. В частности, один из важных аспектов связан с активным участием благородного оленя в циркуляции зоонозных гельминтозов [8–11].

Необходимость проведения целенаправленных паразитологических исследований в данном направлении обусловлена рядом причин.

1. Проведение инвентаризации паразитов и изучение широты их распространения создает возможности для обоснования и проведения биотехнических мероприятий.

2. Знание видового состава, сезонной и возрастной динамики гельминтозов в экосистемах позволяет объяснить причины заболеваний и прогнозировать динамику численности промысловых животных и обосновать нормы их изъятия.

3. Изучение звена «паразит – хозяин» играет важную роль в предотвращении угрозы эпизоотий и случаев смертности от «невъясненных причин».

4. Расшифровка жизненных циклов патогенов и паразитов связана с разработкой мер по борьбе с ними.

¹Третьяков А.М., Бурдуковский С.С., Третьякова Н.Ю. Профилактические и ветеринарно-организационные мероприятия по предупреждению инфекционных и инвазионных болезней охотничье-промысловых животных в охотничьих угодьях Республики Бурятия // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона. Материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., посвящ. Дню российской науки. 2020. С. 280–286.

5. В условиях использования одной территории сельскохозяйственными и дикими животными, четкие представления о паразитофауне диких животных дают возможность прогнозировать и профилировать болезни у сельскохозяйственных животных.

6. Исследования необходимы для безопасности работников лесного и охотничьего хозяйства и других людей, посещающих лесные территории, для решения проблем эпидемиологии, эпизоотологии, природной очаговости болезней и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

На протяжении длительного периода работ по изучению паразитофауны копытных в Забайкальском крае не проводили, ранее они не имели целенаправленного и масштабного характера. В настоящее время назрела потребность в организации системы паразитологического изучения диких животных, направленной на решение теоретических и прикладных задач научных исследований на современном уровне [12].

Цель исследования – обобщить и проанализировать данные по распространению и таксономическому определению наиболее значимых эндопаразитов благородного оленя на территории Забайкальского края.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- изучить видовой состав эндопаразитов благородного оленя на территории Забайкальского края;
- определить экстенсивность поражения благородного оленя разными видами эндопаразитов;

– сформулировать основные принципы профилактики паразитарных болезней благородного оленя.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в НИИВ Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН. Материалами для исследований послужили данные, полученные в полевых условиях в районах Забайкальского края.

Изучение (2019–2021 гг.) пораженности эндопаразитами проведено у 91 благородного оленя в возрасте от одного года до восьми лет в разные сезоны. Все животные были подвергнуты посмертному вскрытию, проведены исследования 91 пробы ово- и ларвоскопическими методами.

В экспериментальной части работы использованы общепринятые паразитологические методы (Дарлинга, Фюллеборна, полные гельминтологические вскрытия (ПГВ) по К.И. Скрябину, метод гельминтолариоскопии Бермана).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшее распространение в популяции благородного оленя на территории Забайкальского края из гельминтозов имеет *Cysticercus tenuicollis*, экстенсивность инвазии (ЭИ) по полученным данным составляет 86% (см. таблицу). Основным источником заражения оленей является волк, численность популяции которого за последние 5 лет значительно увеличилась. У исследованных 86 волков *Taenia hydatigena*

Систематический состав эндопаразитов благородного оленя на территории Забайкальского края ($n = 91$)
Systematic composition of red deer endoparasites in the Trans-Baikal Territory ($n = 91$)

Вид паразита	Место локализации	ЭИ, число пораженных особей (%)
<i>Protostrongyluskochi</i>	Легкое	23 (25,3)
Подотряд <i>Strongylata</i> пищеварительного тракта	Кишечник	15 (16,5)
<i>Monieziabenedeni</i>	Тонкий кишечный	3 (3,3)
<i>Trichostrongylus</i> spp.	Сычуг, толстый кишечник	2 (2,2)
<i>Dicrocoelium lanceatum</i>	Печень	1 (1,1)
<i>Echinococcus granulosus larva</i>	Легкое	52 (57,1)
<i>Cysticercus tenuicollis</i>	Печень, сальник брыжейки	79 (86,8)
<i>Eimeria</i> spp.	Кишечник	5 (5,5)

обнаружена у 62 особей, экстенсивность инвазии составила 72%. Определенную роль в распространении цистицеркоза тонкошейного играет рысь. Так, по нашим данным, из 28 трупов рыси, подвергнутых полному гельминтологическому вскрытию, пораженными *Taenia hydatigena* оказались восемь особей (ЭИ 28%), что также подтверждается исследованиями других авторов [13, 14].

Более половины обследованных благородных оленей (57%) оказались пораженными личинками эхинококка *Echinococcus granulosus larva*. Личинки эхинококка обнаружены в легких животных в виде однокамерного пузыря со множеством сколексов величиной с куриное яйцо, в среднем у одного животного насчитывалось 10–12 пузырей эхинококка. Источником заражения травоядных эхинококкозом, по нашему мнению, являются волки и лисы. Пораженность *Echinococcus granulosus* 98 исследованных волков составила 83%, или 81 особь [15]. При ПГВ 10 лисиц *Echinococcus granulosus* обнаружен в кишечнике пяти животных (ЭИ 50%). Пораженные животные заметно отличались по упитанности в отрицательную сторону от животных, свободных от личинок эхинококка.

При паразитологическом исследовании 91 благородного оленя инвазированными *Protostrongylus kochi* оказались 23 особи (ЭИ 25,3%) (см. таблицу). Сезонная динамика зараженности благородного оленя *Protostrongylus kochi* характеризуется резким нарастанием инвазии в осенние месяцы с ее пиком в зимний и ранневесенний периоды. В весенний период и летом инвазированность животных значительно снижается. Высокая зараженность благородного оленя протостронгилидами объясняется наличием на территории края различных видов заболоченных биотопов (болота, заболоченные луга, заболоченные леса), которые являются благоприятной средой для обитания промежуточных хозяев возбудителя, а именно наземных моллюсков родов *Eulota*, *Pupila*, *Succinea*.

В кишечном тракте у 16,5% обследованных оленей обнаружены представители под-

отряда *Strongylata*, в данной группе гельминтов в количественном отношении преобладали представители рода *Nematodirus* (84%).

При полном гельминтологическом вскрытии возбудители нематодироза обнаружены в просвете тонкого кишечника, а их личинки в виде паразитарных узелков в стенке тонкого кишечника. Половозрелые нематодирусы начинали появляться в конце августа, во второй половине весны их присутствие в кишечнике не отмечено.

Помимо нематодирусов из представителей подотряда *Strongylata* в сычуге и толстом кишечнике у двух оленей обнаружены *Hemonchus contortus* и *Chabertia ovina*, 10 и 6% из общего числа подотряда *Strongylata*.

У 3% от числа обследованных благородных оленей в тонком кишечнике обнаружены крупные ленточные гельминты с хорошо выраженными по центру членика межпроглоттидными железами в виде штриха. С учетом морфологических особенностей данные гельминты определены как *Moniezia benedeni*. Низкий процент зараженности мониезиозом объясняется малой численностью промежуточных хозяев гельминта – почвенных клещей, для обитания которых необходимы почвы с большим содержанием гумуса.

У одного животного в желчных протоках печени обнаружены редко встречающиеся на территории Забайкальского края гельминты *Dicrocoelium lanceatum*. Крайне редкая регистрация дикроцелиоза на территории края как у сельскохозяйственных, так и у диких животных объясняется низкой численностью специфических дополнительных хозяев – муравьев определенных родов.

Кроме перечисленных выше гельминтов в кишечниках 5,5% от обследованных благородных оленей обнаружены ооцисты простейших *Eimeria* spp. Число ооцист в одном поле зрения микроскопа в среднем составляло 17–25, что указывает на эймерионосительство, но не на еймериоз как болезнь.

Исходя из полученных данных, сформулированы основные принципы профилактики зарегистрированных гельминтозов.

Для предупреждения распространения среди диких копытных животных эхинококкоза, цистицеркозов (ларвальные цестодозы) необходима усиленная борьба с волками, лисицами и бродячими собаками, а также обязательная систематическая дегельминтизация собак (ежеквартально), допускаемых на территорию охотхозяйств. В целях профилактики ларвальных цестодозов необходимо уничтожение внутренностей, добытых в результате охоты животных, недопущение использования таких внутренностей в корм собакам в сыром виде.

Для профилактики имагинальных гельминтозов у копытных необходимо осуществлять постоянный мониторинг гельминтоносительства. По результатам этих исследований составляется план противопаразитарных мероприятий. Для дегельминтизации диких животных применяются оральные антигельминтные препараты, которые выкладываются на подкормочных площадках в смеси с сыпучими кормами (дробленое зерно).

ВЫВОДЫ

1. На территории Забайкальского края зарегистрирована зараженность благородного оленя восемью видами различных эндопаразитов: *Protostrongylus schochi*, подотряд *Strongylata* пищеварительного тракта, *Moniezia benedeni*, *Trichostrongylus* spp., *Dicrocoelium lanceatum*, *Echinococcus granulosus* larva, *Cysticercus tenuicollis*, *Eimeria* spp.

2. Наиболее распространенными и значимыми в социально-эпизоотологическом плане отмечены *Cysticercus tenuicollis* (ЭИ 86,8%) и *Echinococcus granulosus* larva (ЭИ 57,1%), что свидетельствует о наличии природных очагов по данным гельминтозам и их широкой распространенности.

3. У одного из исследованных благородных оленей в желчных протоках печени обнаружен редко встречающийся на территории Забайкальского края вид гельминта *Dicrocoelium lanceatum*. Данный факт указывает на наличие всех условий (наличие промежуточных хозяев) для распростране-

ния инвазии, в том числе и на сельскохозяйственных животных.

4. Для сохранения ветеринарно-санитарного благополучия охотничьего хозяйства в Забайкальском крае необходимо проведение комплекса профилактических ветеринарно-организационных мероприятий с обязательным включением регулирования численности волка и лисицы, плановых профилактических дегельминтизаций охотничьих собак, уничтожение паренхиматозных органов и кишечного сырья от добытых животных, дегельминтизация копытных животных на биотехнических (подкормочных) площадках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилкин А.А. Динамика населения диких копытных России: гипотезы, факторы, закономерности: монография. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 310 с.
2. Перерва В.И. Перспективы вольерного содержания охотничьих животных // Вестник охотоведения. 2021. Т. 18. № 4. С. 242–252.
3. Плиев А.М. Роль диких животных (плотоядных, парнокопытных, грызунов) в эпизоотологии эхинококкоза // Ветеринарный консультант. 2006. № 2. С. 4–5.
4. Пузанова Е.В. Прогноз эпизоотической ситуации по основным гельминтозам сельскохозяйственных животных на территории Российской Федерации на 2020 г. // Российский паразитологический журнал. 2020. № 14 (2). С. 53–61. DOI:10.31016/1998-8435-2020-14-2-53-61.
5. Луницын В.Г., Михайлов В.И., Тишков М.Ю., Шмакова О.Н. Анализ эпизоотической ситуации по инвазионным болезням копытных охотничьего хозяйства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 55–59.
6. Орлова И.И., Белоусова И.Н., Буренок А.С., Глазкова Е.В. Результаты мониторинга паразитарной ситуации на особо охраняемых природных территориях центрального региона России (2014–2016 гг.) // Российский паразитологический журнал. 2017. № 2. С. 139–145.
7. Луницын В.Г., Михайлов В.И., Тишков М.Ю., Шмакова О.Н. Мониторинг инвазионных болезней парнокопытных животных охот-

- хозяйства «Щучье» Тверской области // Алтайский зоологический журнал. 2015. № 10. С. 80–81.
8. Островский А.Н., Тазаян А.Н. Мониторинг гельминтофауны диких копытных животных в Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 4–1 (26). С. 5–11.
9. Василевич Ф.И., Цепилова И.И., Есаулова Н.В., Шемякова С.А., Ватников Ю.А., Куликов Е.В., Жекамухова М.З. Эндопаразитофауна диких жвачных животных в условиях Нечерноземья Российской Федерации // Аграрная Россия. 2021. № 9. С. 31–37. DOI: 10.30906/1999-5636-2021-9-31-37.
10. Гадаев Х.Х. Легочные нематоды у диких жвачных в Чеченской Республике // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2015. № 16. С. 92 – 94.
11. Кузнецов Д.Н., Ломакин В.В. Структура нематодофауны диких копытных животных Беловежской пуши: монография. М.: Институт паразитологии РАН, 2001. С. 196–198.
12. Кирильцов Е.В., Черных В.Г. Паразитарные зооантропонозы диких животных в приграничных с Монголией и Китаем районах Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 5. С. 86–93.
13. Пономорев Н.М., Тихая Н.В., Костюков М.А., Некрасов В.Д. Гельминтофауна диких плотоядных животных различных природно-географических зон Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 5 (79). С. 64–67.
14. Седалищев В.Т., Однокурцев В.А., Охлопков И.М. Материалы по экологии рыси (*Lynx Lynx* L., 1758) Якутии // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 1. С. 175–182.
15. Кирильцов Е.В. Паразитофауна волка (*Canus lupus*, Linnaeus, 1758) юга Забайкальского края // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2015. № 4 (41). С. 135–138.
2. Pererva V.I. Prospects of aviary keeping of game animals. *Vestnik okhotovedeniya = Bulletin of hunting*, 2021, vol.18, no. 4, pp. 242–252. (In Russian).
3. Pliev A.M. The role of wild animals (carnivores, artiodactyls, rodents) in the epizootology of echinococcosis. *Veterinarnyi konsul'tant = Veterinary Consultant*, 2006, no. 2, pp. 4–5. (In Russian).
4. Puzanova E.V. Forecast of the epizootic situation for the main helminthiases of farm animals in the Russian Federation for 2020. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2020, no. 14 (2), pp. 53–61. (In Russian). DOI:10.31016/1998-8435-2020-14-2-53-61.
5. Lunitsyn V.G., Mikhailov V.I., Tishkov M.Yu., Shmakova O.N. Analysis of the epizootic situation for invasive diseases of ungulates at a hunting farm. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 3, pp. 55–59. (In Russian).
6. Orlova I.I., Belousova I.N., Burenok A.S., Glazkova E.V. The results of monitoring the parasitic situation in the specially protected natural territories of the central region of Russia (2014–2016). *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2017, no. 2, pp. 139–145. (In Russian).
7. Lunitsyn V.G., Mikhailov V.I., Tishkov M.Yu., Shmakova O.N. Monitoring of helminthic illnesses of artiodactyl animals of farm "Pike", the Tver region. *Altaiskii zoologicheskii zhurnal = Altai Zoological Journal*, 2015, no. 10, pp. 80–81. (In Russian).
8. Ostrovsky A.N., Tazayan A.N. Monitoring of helminth fauna of wild ungulates in the Rostov region. *Vestnik Donskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Don State Agrarian University*, 2017, no. 4–1 (26), pp. 5–11. (In Russian).
9. Vasilevich F.I., Tsepilova I.I., Esaulova N.V., Shemyakova S.A., Vatikov Yu.A., Kulikov E.V., Zhekamukhova M.Z. Endoparasitofauna of wild ruminants in the non-chernozem region of the Russian Federation. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2021, no. 9, pp. 31–37. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2021-9-31-37.
10. Gadaev Kh.Kh. Pulmonary strongulata in wild ruminants in the Chechen Republic. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami =*

REFERENCES

- Theory and practice of parasitic disease control*, 2015, no. 16, pp. 92–94. (In Russian).
11. Kuznetsov D. N., Lomakin V. V. *Structure of the nematode fauna of wild ungulates in Belovezhskaya Pushcha*. Moscow, Institute of Parasitology RAS, 2001, pp. 196–198. (In Russian).
 12. Kiriltsov E.V., Chernykh V.G. Parasitic zoonoses of wild animals in the border areas of TransBaikal Territory with Mongolia and China. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 5, pp. 86–93. (In Russian).
 13. Ponamarev N.M., Tikhaya N.V., Kostyukov M.A., Nekrasov V.D. Helminth fauna of wild carnivores of various natural and geographical zones of the Altai Territory. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agrarian University*, 2011, no. 5 (79), pp. 64–67. (In Russian).
 14. Sedalishchev V.T., Odnokurtsev V.A., Okhlopkov I.M. The materials on the ecology of the lynx (*Lynx Lynx* L., 1758) of Yakutia. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 1, pp. 175–182. (In Russian).
 15. Kiriltsov E.V. Parasitic diversity in the wolf (*Canus lupus*, Linnaeus, 1758) in the South of Zabaikalsky Krai. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova = Bulletin of Buryat State Academy of Agriculture*, 2015, no. 4 (41), pp. 135–138. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Третьяков А.М.**, доктор ветеринарных наук, директор, **адрес для переписки:** Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита, ул. Кирова, 49, а/я 470; e-mail: vetinst@sfsc.ru

Боярова Л.И., научный сотрудник

Черных В.Г., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник

Кирильцов Е.В., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Aleksey M. Tretyakov**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Director, **address:** 49, Kirova St., Chita, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: vetinst@mail.ru

Larisa I. Boyarova, Researcher

Valery G. Chernykh, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher

Evgeny V. Kiriltsov, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.11.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ПРЕПАРАТ И ТРАДИЦИОННЫЙ ДЕЗИНФЕКТАНТ ПРИ ИНКУБАЦИИ ЯИЦ

✉ ¹Фахрутдинова Р.Ш., ¹Афони́на И.А., ¹Сыманович О.В.,
¹Кинсфатор О.А., ²Сошникова Т.А.

¹Томский сельскохозяйственный институт –
филиал Новосибирского государственного аграрного университета
Томск, Россия

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Томск, Россия

✉ e-mail: zootechnik_tshi@mail.ru

Представлены результаты исследований по разработке зоогигиенических мероприятий, направленных на повышение выводимости яиц путем применения экологически безопасных средств и изучения токсического влияния формальдегида на качество инкубационного яйца. Исследования актуальны вследствие негативных изменений в промышленном птицеводстве, происходивших за последние годы, которые сопровождались резким ухудшением качества инкубационных яиц, снижением вывода кондиционных цыплят и их значительной смертностью в период выращивания. Применение препарата «Монклавит-1» как антисептического и дезинфицирующего лекарственного средства широкого спектра действия и исследования токсичности формальдегида при обработке яиц представляет научный интерес для повышения инкубационных качеств яиц. В работе дана сравнительная оценка использования для дезинфекции инкубационных яиц формальдегида и экологически безопасного препарата «Монклавит-1». Полученные данные и их анализ свидетельствуют о том, что предынкубационная обработка препаратом «Монклавит-1» положительно повлияла на результаты инкубации. Яиц с наличием кровавого кольца в контрольной группе отмечено больше на 0,9% ($p < 0,05$), замерших – на 1,3% ($p < 0,05$), задохликов – на 2,0% ($p < 0,05$) в сравнении с опытной группой. Кроме того, показатели выводимости яйца и вывода цыплят при обработке препаратом «Монклавит-1» зарегистрированы выше, чем в контроле, на 3,1 и 4,4% ($p < 0,05$) соответственно. Рентабельность использования препарата «Монклавит-1» превышала показатель контрольной группы на 17,3%. Производственная санитария в агропромышленном комплексе является одним из решающих факторов, позволяющим сохранить и преумножить здоровье сельскохозяйственных животных и получать от них безопасную в биологическом и экологическом отношении продукцию для обеспечения продовольственных потребностей населения государства.

Ключевые слова: «Монклавит-1», формальдегид, инкубация, цыплята, кросс «Ross-308»

ENVIRONMENTALLY SAFE PREPARATION AND TRADITIONAL DISINFECTANT IN INCUBATION OF EGGS

✉ ¹Fakhrutdinova R.Sh., ¹Afonina I.A., ¹Symanovich O.V., ¹Kinsfator O.A., ²Soshnikova T.A.

¹Tomsk Agricultural Institute - branch of Novosibirsk State Agrarian University
Tomsk, Russia

²Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Tomsk, Russia

✉ e-mail: zootechnik_tshi@mail.ru

The paper presents the results of research on the development of zoohygienic measures aimed at improving the hatchability of eggs through the use of environmentally safe means and the study of the toxic effects of formaldehyde on the quality of hatching eggs. The research is relevant due to the negative changes in industrial poultry farming in recent years, which have been accompanied by a sharp deterioration in the quality of hatching eggs, a decrease in the hatching of conditioned chicks and their significant mortality during the rearing period. The use of the drug "Monclavit-1" as an antiseptic and disinfectant drug of broad spectrum and the study of formaldehyde toxicity in the treatment of hatching eggs is of scientific interest to improve the incubation quality of eggs. The work gives a comparative assessment of the use of formaldehyde for disinfection of hatching eggs and environmentally safe

preparation "Monclavit-1". The data obtained and their analysis indicate that preincubation treatment with Monclavit-1 had a positive effect on the results of incubation. Eggs with blood ring in the control group were 0.9% more ($p < 0.05$), dead-in-shell eggs were 1.3% more ($p < 0.05$), and addle eggs were 2.0% more ($p < 0.05$) than in the experimental group. In addition, the rates of egg hatchability and hatchability of chicks when treated with Monclavit-1 were higher than those of the control by 3.1 and 4.4% ($p < 0.05$), respectively. Cost-effectiveness of the drug "Monclavit-1" use exceeded that of the control group by 17.3%. Production sanitation in the agro-industrial complex is one of the decisive factors in preserving and increasing the health of farm animals and obtaining biologically and environmentally safe products from them to meet the food needs of the population of the state.

Keywords: drug «Monclavit-1», formaldehyde, incubation, chickens, cross «Ross-308»

Для цитирования: Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., Сыманович О.В., Кинсфатор О.А., Сошникова Т.А. Экологически безопасный препарат и традиционный дезинфектант при инкубации яиц // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 63–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-7>

For citation: Fakhrutdinova R.Sh., Afonina I.A., Symanovich O.V., Kinsfator O.A., Soshnikova T.A. Environmentally safe preparation and traditional disinfectant in incubation of eggs. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 63–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение потерь при инкубации и повышение эффективности инкубатора – основная задача птицевода. Потери при инкубации снижают эффективность инкубатора и приводят к перерасходу дорогостоящего инкубационного яйца [1–4].

Внедрение на современном этапе развития в промышленном птицеводстве России интенсивных методов выращивания, основанных на концентрации большого поголовья птицы на ограниченной территории, использование современных технологий кормления часто создают угрозу для создания стойкого благополучия хозяйств по инфекционным и незаразным болезням и получения конечных продуктов невысокого качества [5–8].

Негативные изменения, происходившие за последние годы в промышленном птицеводстве, сопровождались резким ухудшением качества инкубационных яиц, снижением вывода кондиционных цыплят и их значительной смертностью на стадии эмбрионального развития и в период выращивания.

Микробная загрязненность инкубируемых яиц является важной проблемой производителей птицеводческой продукции, приводящей к снижению выводимости яиц и качества молодняка. Среди различных способов дезинфекции яиц, таких как мытье, оро-

шение, обработка парами формальдегидом, считается наиболее эффективным методом. Яйца можно обрабатывать формальдегидом в ходе инкубации или сразу после перевода на вывод, но чаще всего это делают перед инкубацией. Нужно помнить, что формальдегид, обладая противомикробными свойствами, в то же время является сильным токсическим веществом, какое способно разрушить спящий эмбрион. Таким образом, эффективная фумигация формальдегидом – это баланс между его бактерицидным действием на микробную обсемененность скорлупы и токсическим влиянием на развивающийся эмбрион [9–12]. Экологически безопасные методы обработки инкубационных яиц позволяют снизить риск инфицирования кладки, при этом не снизив показателей выводимости [13–15].

Для адекватной замены традиционных дезсредств (формальдегид и др.) представлен новый менее токсичный и безопасный в экологическом отношении дезинфектант «Монклавит-1» отечественного производства. «Монклавит-1» проявляет резко выраженные бактерицидные, фунгицидные и антивирусные свойства, обладает противовоспалительным и регенерирующим действием. Обладает высокой активностью в отношении грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов, патогенных

грибов и дрожжей. Важной особенностью полимера, входящего в состав «Монклавит-1», является его высокая адсорбирующая способность и склонность к комплексообразованию. Он активно связывает многие вещества, в том числе токсины.

Цель исследований – изучить влияние препарата «Монклавит-1» на инкубационные качества яиц в условиях Томской области.

Задачи – определить показатели вывода, выводимости суточных цыплят при применении препарата «Монклавит-1» и дать экономическое обоснование результатам проведенных исследований.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал исследований – инкубационное яйцо кур родительского стада кросса «Ross-308», препарат «Монклавит-1» и формальдегид. Препарат «Монклавит-1» по внешнему виду представляет собой прозрачную жидкость коричневого цвета, пенящуюся при взбалтывании. В качестве действующего вещества он содержит 0,12 г йода кристаллического, 0,36 г калия йодида, в качестве вспомогательных веществ – поливинил-Н-амида циклосульфойодида (3,0 г), натрий додецилсульфат (0,06 г) и дистиллированную воду до 100 мл.

Для проведения исследований подобрана партия инкубационных яиц в количестве 114 000 шт. и разделена для обработки по 57 000 шт. в инкубационный шкаф № 1 и № 2 (контрольная и опытная). Разница состояла в том что инкубационные яйца шкафа № 1 были обработаны парами формальдегида в дезокамере, шкафа № 2 – препаратом «Монклавит-1» методом аэрозольного орошения поверхности скорлупы. Дополнительно проведена обработка внутренней поверхности инкубационного шкафа. Расход препарата «Монклавит-1» составил 200–250 мл на один инкубационный шкаф. Повторная дезинфекция яиц опытной группы проведена на 11-й день инкубации аэрозольно через вентиляционное отверстие инкубационного шкафа при использовании распылителя.

Для контроля качества инкубационных яиц проведен биологический контроль до ин-

кубации: оценивали яйца по внешнему виду, при просвечивании на овоскопе учитывали размер и форму яиц, состояние скорлупы, размеры и положение воздушной камеры, наличие трещин (насечка, бой) в скорлупе, различного рода включения в яйцах, положение и подвижность желтка, состояние градинок.

Биологический контроль в период инкубации проводили овоскопированием яиц на 6, 10 и 18-й день инкубации:

– на 6-й день инкубации яиц – подсчет и выбраковка неоплодотворенных яиц, выявление яйца с мертвыми зародышами с пороком «кровавое кольцо», установление примерных сроков гибели, вскрытие яиц с погибшими эмбрионами;

– на 10-й день – определение замыкания аллантаоиса (развитие зародыша);

– на 18-й день – расположение плода.

Все яйца с погибшими эмбрионами учитывали и относили – к категории «замершие». Погибших после третьего просвечивания в период вывода – к категории «задохлики». Бактериологические исследования погибших эмбрионов яйца проводили в Областной ветеринарной лаборатории. Исследования проводили в одинаковых условиях режима инкубации. Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически по методике Н.А. Плохинского (1970 г.) на персональном компьютере с помощью программы Microsoft Office Excel. Научные исследования проведены по схеме (см. табл. 1).

Табл. 1. Схема проведения исследований
Table 1. Research design

Группа	Число, гол.	Препарат для предынкубационной обработки яиц
Контрольная	57 000	Пары формальдегида (20-минутная обработка парами формальдегида при концентрации формальдегида 600 мг на 1 м ³ инкубационной камеры)
Опытная	57 000	Препарат «Монклавит-1» (аэрозольное орошение поверхности скорлупы и инкубационной камеры в течение 10 мин, расход препарата 250 мл на один инкубационный шкаф)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Большое значение для оценки качества используемых яиц и режима инкубации имеют вскрытие и анализ отходов инкубации. Вскрытие отходов инкубации осуществляется выборочно по контрольным лоткам конкретно оцениваемой партии яиц. При вскрытии яиц с погибшими эмбрионами прежде всего определяют категорию погибших и ориентировочный возраст гибели. Обычно всех погибших эмбрионов условно делят на три категории: «кровавое кольцо», «замершие» и «задохлики». Известно, что эмбриональная смертность особенно высока в периоды, получившие название «критические». Это обычно 3–5, 9–11 и 19–20-е сутки инкубации. При первом просмотре яиц были выявлены неоплодотворенные яйца и яйца с эмбрионами, погибшими в первые дни инкубации с кровавыми кольцами и др.

Анализ результатов инкубации свидетельствует, что количество неоплодотворенных яиц в обеих группах было практически одинаковым, в пределах 3,1–3,3%, что обусловлено высокой воспроизводительной способностью птиц родительского стада.

Предынкубационная обработка препаратом «Монклавит-1» положительно повлияла на результаты инкубации. Установлено, что яиц с наличием кровавого кольца было больше на 0,9% ($p < 0,05$), замерших – на 1,3% ($p < 0,05$),

задохликов – на 2,0% ($p < 0,05$) в сравнении с показателями опытной группы (см. табл. 2).

В результате исследований установлено, что показатели выводимости и вывода при обработке препаратом «Монклавит-1», по сравнению с дезинфекцией парами формальдегида, были выше на 3,1 и 4,4% ($p < 0,05$) соответственно (см. табл. 3).

При бактериологическом исследовании в контрольной группе выделены: *Citrobacter freundii* + *Enterococcus faecalis* + *Staphylococcus faecium* + *Enterococcus agglomerans* + *Enterococcus faecium* + *Enterobacter agglomerans* + *Escherichia coli*.

В опытной группе выделена только одна ассоциация *Staphylococcus aureus* + *Streptococcus faecium*. Количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) обнаружено в 5 раз и стафилококков в 3,5 раза меньше в биоматериале опытной группы, чем в контроле. Есть негативное влияние формальдегида, которое заключается в том, что он, являясь токсическим газом, может вызвать гибель эмбриона яйца уже в 1-е сутки инкубации (см. табл. 4).

Использование препарата «Монклавит-1» для обработки инкубационных яиц способствовало снижению себестоимости одного суточного цыпленка на 2 р. в сравнении с этим показателем при дезинфекции парами формальдегида (см. табл. 5).

Табл. 2. Влияние различных способов дезинфекции яйца на сохранность инкубационного яйца
Table 2. Effect of various methods of egg disinfection on the safety of hatching eggs

Группа	Заложено на инкубацию, шт.	Неоплодотворенные яйца		Кровавое кольцо		Замершие		Задохлики	
		%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.
Контрольная	450 ± 6	3,3 ± 0,2	15 ± 0,8	2,2 ± 0,2	10 ± 0,7	2,0 ± 0,2	9 ± 0,6	2,4 ± 0,2	11 ± 0,8
Опытная	450 ± 6	3,1 ± 0,1	14 ± 0,7	1,3 ± 0,2	6 ± 0,3	0,7 ± 8	3 ± 0,5	0,4 ± 0,1	2 ± 0,5

Примечание. Здесь и в табл. 3: $p \leq 0,05$

Табл. 3. Показатели выводимости яиц и вывода молодняка
Table 3. Indicators of hatchability of eggs and young animals

Группа	Заложено на инкубацию, шт.	Вывод молодняка		Выводимость яиц	
		шт.	%	шт.	%
Контрольная	450	400	88,9	5	90,0
Опытная	450	414	92,0	11	94,4

Табл. 4. Микробная обсемененность эмбриона куриного яйца в 1-е сутки инкубации, %

Table 4. Microbial contamination of a chicken egg embryo on the first day of incubation, %

Санитарно-показательные микроорганизмы	Период инкубации, сут	Группа	
		контроль-ная	опытная
Стафилококки	1	70	20
БГКП	1	50	10

Табл. 5. Себестоимость получения одного суточного цыпленка, р.

Table 5. Production cost of one-day-old chick, r

Статья затрат	Сумма затрат	
	Контроль-ная группа	Опытная группа
Инкубационное яйцо	24	24
Фонд заработной платы	0,000042	0,000042
Затраты на водоснабжение	7,96	7,96
Энергоресурсы	1,071	1,071
Амортизация шкафов (выводных и инкубационных),	3,57	3,57
Прочие затраты	8,4	6,4
Итого:	45	43

Табл. 6. Экономическая эффективность использования препарата «Монклавит-1» для обработки инкубационных яиц

Table 6. Economic efficiency of using the drug «Monklavit-1» for the processing of hatching eggs

Показатель	Группа	
	контроль-ная	опытная
Число кондиционных цыплят, гол.	400	414
Себестоимость одного цыпленка, р.	45,0	43
Общая себестоимость, р.	18 000	17 139
Цена реализации одного цыпленка, р.	90,0	90,0
Реализационная стоимость общая, р.	36 000	37 260
Прибыль, р.	18 000	20 121
Уровень рентабельности продукции, %	100,0	117,3

Прибыль от применения препарата «Монклавит-1» была выше на 2121 р. (см. табл. 6), что способствовало повышению уровня рентабельности обработки инкубационного яйца препаратом «Монклавит-1» на 17,3% по сравнению с дезинфекцией парами формальдегида (см. табл. 5).

ВЫВОДЫ

1. Инкубационных яиц с наличием кровяного кольца при дезинфекции парами формальдегида было на 0,9% ($p < 0,05$), замерших – на 1,3% ($p < 0,05$), задохликов – на 2,0% ($p < 0,05$) соответственно больше, чем при обработке препаратом «Монклавит-1».

2. Показатели выводимости и вывода при обработке препаратом «Монклавит-1» по сравнению с дезинфекцией формальдегидом были выше соответственно на 3,1 и 4,4%.

3. Использование применения препарата «Монклавит-1» для обработки инкубационных яиц способствовало снижению себестоимости одного суточного цыпленка на 2 р. по сравнению с этим показателем при дезинфекции парами формальдегида.

4. Количество БГКП обнаружено в биоматериале в опытной группе в 5 раз и стафилококков в 3,5 раза меньше, чем в контрольной группе.

5. Прибыль от применения препарата «Монклавит-1» была выше на 2121 р., что способствовало повышению уровня рентабельности обработки инкубационного яйца препаратом «Монклавит-1» на 17,3% по сравнению с дезинфекцией парами формальдегида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малофеев Н.А., Цыпляев А.П. Резервы повышения качества яйца // Птицеводство 2019. № 3. С. 6–8.
2. Варюхин А.В. Применение ветеринарного препарата «Монклавит-1» в птицеводстве // Зооиндустрия. 2019. № 8. С. 16–17.
3. Кочиш И.И., Смоленский В.И. Комплексная программа обеспечения биологической безопасности промышленных птицеводческих хозяйств яичного направления // Ветеринария. 2020. № 2. С. 8–13.

4. Буяров В.С., Червонова И.В., Меднова В.В., Ильичева И.Н. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве // Вестник аграрной науки. 2020. № 3. С. 44–59.
5. Зотов А.А., Данилов Т.А., Гупало Р.В. Влияние предынкубационного прогрева яиц при их длительном хранении на результаты инкубации // Птицеводство. 2019. № 1. С. 16–21.
6. Егорова А.В. Критерий оценки пищевых яиц // Аграрная наука. 2019 № 5. С. 27–28.
7. Клетикова Л.В., Маннова М.С., Якименко Н.Н. Влияние предынкубационной обработки яиц и введения в рацион энтеросорбента на метаболизм цыплят // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 1. С. 161–166.
8. Горфункель Е.П., Тюрин Д.Г., Дубровин А.В. Опыт применения биопрепарата «Инкубин» для обработки инкубационных яиц // Птицеводство. 2021. № 7. С. 40–44.
9. Царенко П.П., Васильева Л.Т. Биологическое обоснование режимов хранения яиц // Птицеводство. 2019. № 11. С. 29–34.
10. Колокольникова Т.Н., Сунцова О.А., Полянская В.В. Изменение качества инкубационных яиц при хранении в герметичной упаковке // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 3. С. 73–79.
11. Третьякова Е.Н., Скоркина И.А., Ламонов С.А. Влияние биологически активной добавки на качество мяса кур и цыплят-бройлеров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 92–94.
12. Прицкер И.Я. Рост куриных эмбрионов при изменении инкубационных температур // Советское птицеводство. 2019. № 10. С. 27–30.
13. Корсаков К.В., Васильев А.А., Сивохина Л.А. Повышение выводимости инкубационных яиц и качества выведенного молодняка с помощью препарата гуминовых кислот // Зоотехния. 2019. № 2. С. 41–45.
14. Егорова А.В. Основные направления работы с мясными курами родительского стада бройлеров // Птицеводство. 2019. № 3. С. 16–20.
15. Курочкин А.А., Плешанов Н.В. Фертильность замороженооттаянного семени петухов в зависимости от стартовой температуры криоконсервации // Зоотехния. 2020. № 12. С. 26–29.

REFERENCES

1. Malofeev N.A., Tsyplyaev A.P. Reserves for improving the quality of eggs. *Ptitsevodstvo = Poultry*, 2019, no. 3, pp. 6–8. (In Russian).
2. Varyukhin A.V. Application of the veterinary drug "Monklavit-1" in poultry farming. *Zooin-dustriya = Zooindustry*, 2019, no. 8, pp. 16–17. (In Russian).
3. Kochish I.I., Smolensky V.I. Comprehensive program for ensuring biological safety of commercial egg layer poultry farms. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2020, no. 2, pp. 8–13. (In Russian).
4. Buyarov V.S., Chervonova I.V., Mednova V.V., Ilyicheva I.N., Efficiency of application of phy-tobiotics in poultry farming. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2020, no. 3, pp. 44–59. (In Russian).
5. Zotov A.A., Danilov T.A., Gupalo R.V. The in-fluence of warming of eggs during long-term storage on the efficiency of incubation. *Ptit-sevodstvo = Poultry*, 2019, no. 1, pp. 16–21. (In Russian).
6. Egorova A.V. Evaluation criterion for food eggs. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2019, no. 5, pp. 27–28. (In Russian).
7. Kletikova L.V., Mannova M.S., Yakimenko N.N. Effect of pre-incubation egg process-ing and introduction of enterosorbent into the diet on chicken metabolism. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii = International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2021, no. 1, pp. 161–166. (In Russian).
8. Gorfunkel E.P., Tyurina D.G., Dubrovin A.V. Experience of using the biological product "Incubin" for the processing of hatching eggs. *Ptitsevodstvo = Poultry*. 2021, no. 7, pp. 40–44. (In Russian).
9. Tsarenko P.P., Vasileva L.T. Biological adequa-cy of different egg storage regimes. *Ptitsevod-stvo = Poultry*, 2019, no. 11, pp. 29–34. (In Russian).
10. Kolokolnikova T.N., Suntsova O.A., Polyans-kaya V.V. Quality change in hatching eggs at storage in hermetic package. *Veterinariya, zoo-tekhniya i biotekhnologii = Veterinary, zootech-nics and biotechnology*. 2019, no. 3, pp. 73–79. (In Russian).
11. Tretyakova E.N., Skorkina I.A., Lamonov S.A. Effect of biologically active dietary supple-ments on the chicken and broiler chicken meat quality. *Vestnik Michurinskogo gosudarstven-*

- nogo agrarnogo universiteta = *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2019, no. 1, pp. 92–94. (In Russian).
12. Pritsker I.Ya. Growth of chicken embryos with a change in incubation temperatures. *Sovetskoe ptitsevodstvo = Soviet poultry*, 2019, no. 10, pp. 27–30. (In Russian).
13. Korsakov K.V., Vasiliev A.A., Sivokhina L.A. The improvement of hatchability of eggs and quality of hatched chicks after the preliminary treatment of eggs with a preparation of humic acids. *Zootekhniya = Journal "Zootechniya"*, 2019, no. 2, pp. 41–45. (In Russian).
14. Egorova A.V. The main directions of work with meat chickens of the broiler parent herd. *Ptitsevodstvo = Poultry*, 2019, no. 3, pp. 16–20. (In Russian).
15. Kurochkin A.A., Pleshanov N.V. Fertility of frozen / thawed rooster's semen depending on the starting temperature of cryopreservation. *Zootekhniya = Journal "Zootechniya"*, 2020, no. 12, pp. 26–29. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Фахрутдинова Р.Ш.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томск, ул. К. Маркса, 19; e-mail: zootechnik_tshi@mail.ru

Афонина И.А., кандидат биологических наук, доцент

Сыманович О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Кинсфатор О.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сошникова Т.А., кандидат биологических наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

✉ **Raisa Sh. Fakhrutdinova**, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor; **address:** 19, Karl Marx St, Tomsk, 634050, Russia; e-mail: zootechnik_tshi@mail.ru

Irina A. Afonina, Candidate of Science in Biology, Associate Professor

Oxana V. Symanovich, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor

Olga A. Kinsfator, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor

Tatyana A. Soshnikova, Candidate of Science in Biology, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 20.10.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.01.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022



ОЦЕНКА И ВЫБОР МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ КУЛЬТИВАЦИИ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЗАТРАТАМ

✉ **Назаров Н.Н., Некрасова И.В.**

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Представлены материалы по оценке и выбору машинно-тракторных агрегатов по критериям минимизации затрат на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоёмкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении технологического процесса культивации почвы. Установлено, что номенклатура технологических машин для проведения технологического процесса культивации при мощности мобильных энергетических средств до 110 л.с. определяется культиваторами типа КПС-4, КБМ-4,2 с использованием тракторов JD5620, AGCO MF3640, ЮМЗ-6, ЛТЗ 95Б, JD6020, МТЗ-80/82, МТЗ-920, Беларус-900, Беларус-921, Беларус-923, Deutz Agrofarm 430 и МТЗ-1025. Они имеют суммарные удельные энергоёмкости использования с обозначенными технологическими машинами на минимальном уровне, производительность – на максимальном. В диапазоне мощностей тракторов от 110 до 145 л.с. целесообразно использовать культиваторы КШУ-5, КШУ-6, КПС-8П с мобильными энергетическими средствами New Holland T6050 Delta, CASE IH Maxxum 125, JD 6130D, JD 6135, МТЗ-1221, Беларус 1220, ЛТЗ-155 и МТЗ-1222, имеющими также максимальную производительность при минимальном уровне суммарных удельных энергоёмкостей на их производство и эксплуатацию. Выявлено, что при применении культиваторов типа КШУ-12, КБМ-7,2П, КБМ-10,8П, Лидер-6Н, АПК-7,2, RTS-1831, КПО-7,2, KORUND 8/900 (мощность энергетического средства до 150–210 л.с.) по обозначенным критериям эффективности целесообразно использовать тракторы Т-150К, МТЗ-1523, ХТЗ-121, ХТА 200-10, Беларусь 1525, ХТЗ 17221, Terrion ATM 3180, Deutz Fahr Agrotion 165.7, JD 7030, ATM 4200 Terrion, МТЗ-2022. Установлено, что для использования культиваторов Лидер-7,2Н, Лидер-8 по обозначенным критериям минимизации затрат энергии и максимальной производительности требуются тракторы мощностью до 210–240 л.с. JD 7830, JD 7930, New Holland 7060, Deutz Fahr Agrotion L720 DCR, Claas Axion 850.

Ключевые слова: технологические процессы, машинно-тракторные агрегаты, формирование, удельная энергоёмкость

EVALUATION AND SELECTION OF MACHINE-TRACTOR UNITS DURING CULTIVATION BY ENERGY COSTS

✉ **Nazarov N.N., Nekrasova I.V.**

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

The materials on evaluation and selection of machine-tractor units by the criteria of minimization of their production and operation costs (total specific energy intensity of MTU for its production and operation) and maximum productivity in carrying out the technological process of soil cultivation are presented. It has been established that the range of technological machines for carrying out the

technological process "cultivation" with the power of mobile power plants up to 110 hp is determined by cultivators such as KPS-4, KBM-4.2 type using tractors JD5620, AGCO MF3640, UMZ-6, LTZ 95B, JD6020, MTZ-80/82, MTZ-920, Belarus 900, Belarus-921, Belarus-923, Deutz Agrofarm 430 and MTZ-1025. They have the total specific energy intensity of use with the designated technological machines at the minimum level, and the productivity at the maximum. In the power range of tractors from 110 to 145 hp it is advisable to use cultivators KSHU-5, KSHU-6, KPS-8P with mobile power tools New Holland T6050 Delta, CASE IH Maxxum 125, JD 6130D, JD 6135, MTZ-1221, Belarus 1220, LTZ-155 and MTZ-1222, which also have the maximum productivity at the minimum level of the total specific energy consumption for their production and operation. It has been found that when using cultivators of the type KSHU-12, KBM-7.2P, KBM-10.8P, Leader-6N, APC-7.2, RTS-1831, KPO-7.2, KORUND 8/900 (power of the energy means up to 150-210 hp), according to the indicated efficiency criteria, it is advisable to use tractors T-150K, MTZ-1523, HTZ-121, HTA 200-10, Belarus 1525, HTZ 17221, Terrion ATM 3180, Deutz Fahr Agrottron 165.7, JD 7030, ATM 4200 Terrion, MTZ-2022. It has been established that for the use of cultivators Leader-7.2N, Leader-8, according to the indicated criteria for minimizing energy consumption and maximum productivity, tractors with a power of up to 210-240 hp like JD 7830, JD 7930, New Holland 7060, Deutz Fahr Agrottron L720 DCR, Claas Axion 850 are required.

Keywords: technological processes, machine-tractor units, formation, specific energy intensity

Для цитирования: Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Оценка и выбор машинно-тракторных агрегатов при культивации по энергетическим затратам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 70–80. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-8>

For citation: Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Evaluation and selection of machine-tractor units during cultivation by energy costs. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 70–80. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках финансируемой научно-исследовательской работы № 0533-2021-0012.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the funded research work № 0533-2021-0012.

ВВЕДЕНИЕ

Один из основных вопросов, стоящих перед сельхозтоваропроизводителями при реализации технологических процессов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур – формирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов (МТА). В настоящее время рынок сельскохозяйственной техники предлагает широкий выбор мобильных энергетических средств и технологических машин, снабженных необходимыми устройствами для работы, контроля и управления процессами обработки почвы, посева семян сельскохозяйственных культур, внесения различных форм минеральных удобрений и др. Однако это вызывает значительное удорожание приобретаемой техники и соответствующие финансовые издержки при ее

эксплуатации. Кроме того, выбор рационального состава МТА осложняется большим объемом расчетов при формировании технологических карт на возделывание сельскохозяйственных культур при определении прямых эксплуатационных затрат в связи с возросшей номенклатурой технического обеспечения технологических процессов.

В связи с этим на начальном этапе формирование машинно-тракторных агрегатов целесообразно проводить по критериям минимизации затрат на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоемкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении соответствующих технологических процессов [1–10].

На решение вопросов снижения энергозатрат при производстве сельскохозяйствен-

ной продукции направлены исследования ведущих ученых Сибири при реализации технологических процессов обработки почвы, внесении жидких форм минеральных удобрений, посева зерновых культур в условиях Сибирского региона [11–15].

При рассмотрении вопросов энергосбережения в технологических модулях возделывания сельскохозяйственных культур нужно учитывать тот факт, что технологические процессы одной функциональной направленности должны выполняться в полном объеме и в требуемый временной интервал. Подобного рода двудеиная задача требует логического решения с учетом оценки значимости факторов, влияющих на выбор машинно-тракторных агрегатов.

Цель работы – произвести выбор рационального состава машинно-тракторных агрегатов по энергетическим показателям при реализации технологического процесса культивации.

Задача исследования – оценить эффективность комплектования технологических агрегатов по критерию минимизации суммарных удельных энергозатрат при выполнении технологического процесса культивации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Метод определения антропогенной энергии производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин описывается известными зависимостями в соответствии с рекомендациями^{1–7} [16]. В данном случае речь идет об оценке эффективности использования машинно-тракторных агрегатов по двум показателям качества: минимальным затратам

на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоемкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении соответствующих технологических процессов. Решение представленной двухкритериальной задачи целесообразно выполнять в следующей последовательности:

- определение антропогенной энергии производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин;
- определение энергозатрат обслуживающего персонала;
- определение удельной (в расчете на 1 ч работы) энергоемкости тракторов, технологических машин и сцепок при выполнении соответствующего технологического процесса.

Антропогенная энергия производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин определяется по зависимости

$$E_A^j = E_{пр}^j = (E_{ж}^j + E_{м}^j + E_{с}^j + E_{т}^j) / W_{см}^j, \quad (1)$$

где E_A^j – энергетические затраты при выполнении и выборе частного (j -го) технологического процесса; $E_{пр}^j$ – удельные прямые затраты энергии на выполнение j -го ЧТП, МДж/га; $E_{ж}^j$ – энергетические затраты живого труда при реализации j -го ЧТП, МДж/ч; $E_{м}^j + E_{с}^j + E_{т}^j$ – соответственно энергоемкость технологических машин, сцепок, тракторов в расчете на 1 ч сменного времени, МДж/ч; $W_{см}^j$ – сменная производительность МТА в j -м ЧТП, га/ч.

Энергозатраты обслуживающего персонала

$$E_{ж}^j = \frac{n_{чj}^{\cdot} \times A_{ж}^{\cdot} + n_{чj}^{\ddot{}} \times A_{ж}^{\ddot{}}}{W_{см}^j},$$

¹Милаев П.П. Системный биоэнергетический анализ процессов производства продукции земледелия: метод. рекомендации. Новосибирск, 2005. 80 с.

²Жученко А.А., Афанасьев В.Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве: методол. и метод. рекомендации. Кишинев: Штиинца, 1988. 128 с.

³Жученко А.А., Урсул А.Д. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Кишинев: Штиинца, 1983. 304 с.

⁴Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых материалов. Минск, 1996. 50 с.

⁵Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. Курск, 1999. 48 с.

⁶Миндрин А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М., 1997. 197 с.

⁷Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: Нормативно-справочный материал. М., 1998. Ч. 2. 251 с.

где $n_{ч}^{\cdot}$, $n_{ч}^{\ddot{}}$ – соответственно число основных работников (трактористы, комбайнеры, шоферы) и вспомогательных (сеяльщики, прицепщики, грузчики), чел.; $A_{ж}^{\cdot}$, $A_{ж}^{\ddot{}}$ – соответственно энергетические эквиваленты затрат труда основных и вспомогательных работников, МДж/чел.-ч.

Приняты следующие энергетические эквиваленты на трудовые ресурсы, МДж/чел.-ч: трактористы, комбайнеры, шоферы – 60,8; вспомогательные работники – 33,3 (см. сноску 4).

Удельную энергоёмкость тракторов, технологических машин и сцепок определяем по формулам (3) – (4):

$$E_{\tau} = \frac{M_{\tau} \cdot A_{\tau}}{100} \left[\frac{a_{\tau}}{T_{\text{нт}}} + \frac{a_{\text{кт}} + a_{\text{тт}}}{T_{\text{зт}}} \right]; \quad (3)$$

$$E_{\text{м}} = \frac{M_{\text{м}} \cdot A_{\text{м}}}{100} \left[\frac{a_{\text{м}}}{T_{\text{нм}}} + \frac{a_{\text{мт}}}{T_{\text{зм}}} \right], \quad (4)$$

где E_{τ} , $E_{\text{м}}$ – удельная энергоёмкость соответственно тракторов и технологических машин в расчете на 1 ч работы, МДж/ч; a_{τ} , $a_{\text{м}}$ – норматив отчисления на реновацию соответственно тракторов и технологических машин, %; $a_{\text{кт}}$ – норматив отчислений на капитальный ремонт тракторов, %; $a_{\text{тт}}$, $a_{\text{тм}}$ – нормативы отчислений соответственно на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение тракторов и технологических машин, %; $T_{\text{нт}}$, $T_{\text{нм}}$ – нормативная годовая загрузка соответственно тракторов и технологических машин, ч; $T_{\text{зт}}$, $T_{\text{зм}}$ – зональная годовая загрузка соответственно тракторов и технологических машин, ч.

Энергетический эквивалент 1 кг физической массы тракторов и автомобилей принят на уровне 142,2 МДж, сельскохозяйственных машин – 116,1, нормативы годовой загрузки, отчислений на реновацию, капитальный и текущий ремонты, техническое обслуживание и хранение сельскохозяйственной техники взяты из рекомендаций (см. сноски 4, 6).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Номенклатура технологических машин для проведения технологического процесса культивации представлена достаточно емкой. В каждом тяговом классе мобильных энергетических средств определен основной тип использования этих машин с представлением суммарной удельной энергоёмкости как технологических машин, так и мобильных энергетических средств соответствующего класса и производительностью агрегата как неотъемлемой части оценки эффективности его использования.

При использовании мобильных энергетических средств до 110 л.с. используются следующие основные технологические машины: культиваторы КПС-4, КБМ-2,1 и КБМ-4,2 (см. рис. 1).

Анализ материала показывает, что при практически равной производительности (4,0–4,3 га/ч) культиваторы КПС-4 и КБМ-4,2 имеют, как минимум, двукратное преимущество в отношении культиватора КБМ-2,1. Кроме того, суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин и мобильных энергетических средств находится в аналогичном соотношении. В связи с этим к реализации предлагаются два вида технологических машин в составе следующих мобильных энергетических средств: JD5620, AGCO MF3640, ЮМЗ-6, ЛТЗ 95Б, JD6020, МТЗ-80/82, МТЗ-920, Беларусь-900, Беларусь-921, Беларусь-923, Deutz Agrofarm 430 и МТЗ-1025, имеющих суммарную удельную энергоёмкость использования с обозначенными технологическими машинами на минимальном уровне, производительность – на максимальном.

При применении мобильных энергетических средств мощностью 110–145 л.с. целесообразно использование следующих технологических машин, составляющих основу в представленном классе тракторов: культиваторы Степняк-4,2, КШУ-5, КШУ-6 и КПС-8П.

Отметим, что культиватор Степняк-4,2 в сочетании с мобильными энергетическими средствами обладает высокой (практически

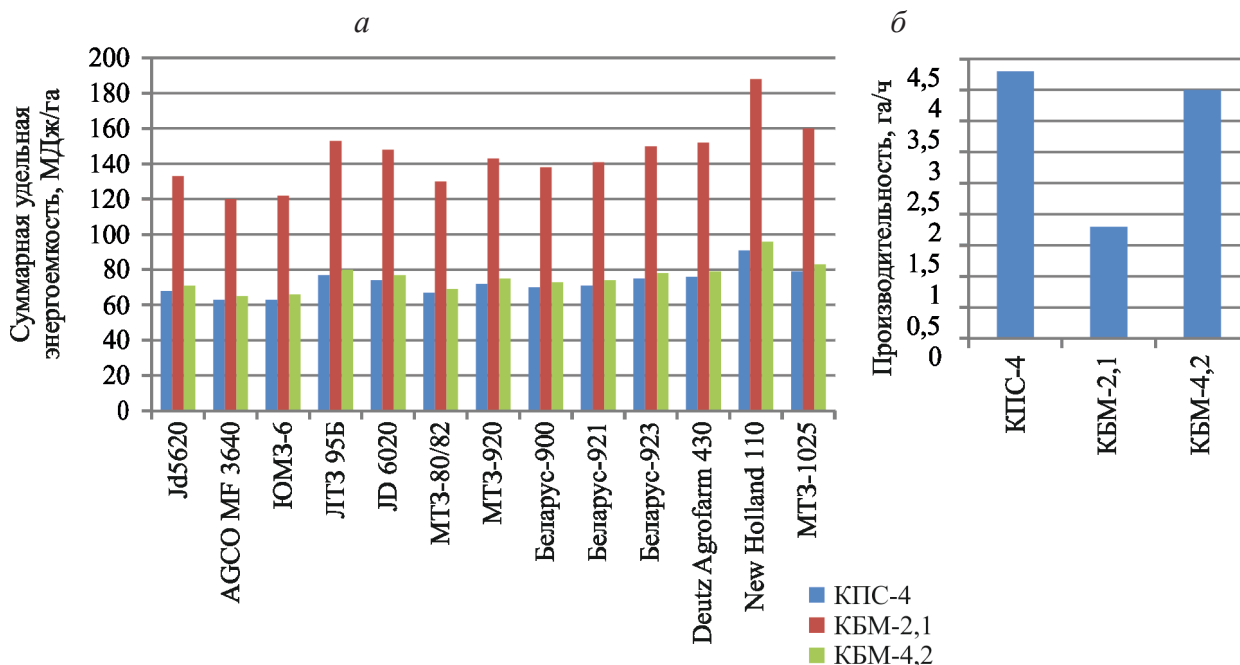


Рис. 1. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин (а) и производительность при культивации (б) (мощность трактора до 110 л.с.)

Fig. 1. Total specific energy intensity of using technological machines (а) and productivity during cultivation (б) (tractor power up to 110 hp)

в 2 раза) суммарной удельной энергоёмкостью по сравнению с культиваторами, представленными в данном классе (см. рис. 2). Кроме того, его производительность ниже производительности обозначенных культиваторов в 1,8–2,0 раза. В связи с этим для практической реализации принимаем культиваторы КШУ-5, КШУ-6 и КПС-8П в агрегате с мобильными энергетическими средствами New Holland T6050 Delta, CASE IH Maxxum 125, JD 6130D, JD 6135, MTЗ-1221, Беларус-1220, ЛТЗ-155 и MTЗ-1222. Трактор РТМ-160 нецелесообразно использовать с данным классом технологических машин из-за высокой суммарной удельной энергоёмкости.

Для мобильных энергетических средств мощностью 150–210 л.с. представлена обширная номенклатура технологических машин (культиваторов): КБМ-6, КБМ-7,2П, КБМ-10,8П, Лидер-4, Лидер-6Н, АПК-7,2, RTS-1831, Степняк-5,6, КПО-7,2, КШУ-12, KORUND 8/900, КПЭ-3,8. Этот список можно продолжать (см. рис. 3).

Первоначальная оценка целесообразности использования технологических машин по минимальной суммарной удельной энергоёмкости позволила установить, что наименьшим ее значением располагает культиватор КШУ-12 (61–69 МДж/га). Далее по этому показателю следуют культиваторы КБМ-6 и КБМ-7,2П (86–106 и 88–104 МДж/га соответственно).

Мы не отрицаем возможности эксплуатации других технологических машин в технологическом процессе культивации (это в большей степени связано с устойчивостью экономического развития сельхозтоваропроизводителя), но рекомендуем научно обоснованный рациональный подход к выбору мобильных энергетических средств и соответствующих технологических машин по критерию наименьших суммарных удельных энергоёмкостей их использования.

Для окончательной оценки и выбора перспективного варианта агрегата с обозначенным критерием целесообразна дополнительная оценка их использования по произ-

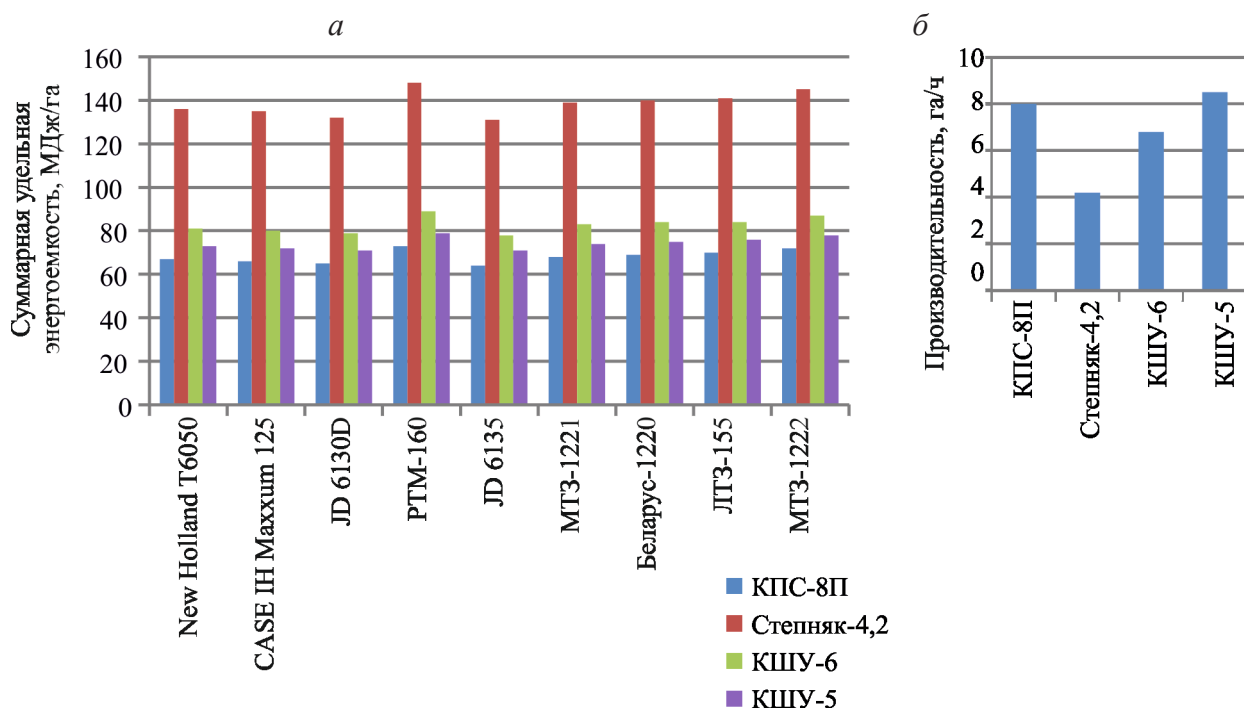


Рис. 2. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин (а) и производительность при культивации (б) (мощность трактора 110–145 л.с.)

Fig. 2. Total specific energy intensity of using technological machines (a) and productivity during cultivation (б) (tractor power 110-145 hp)

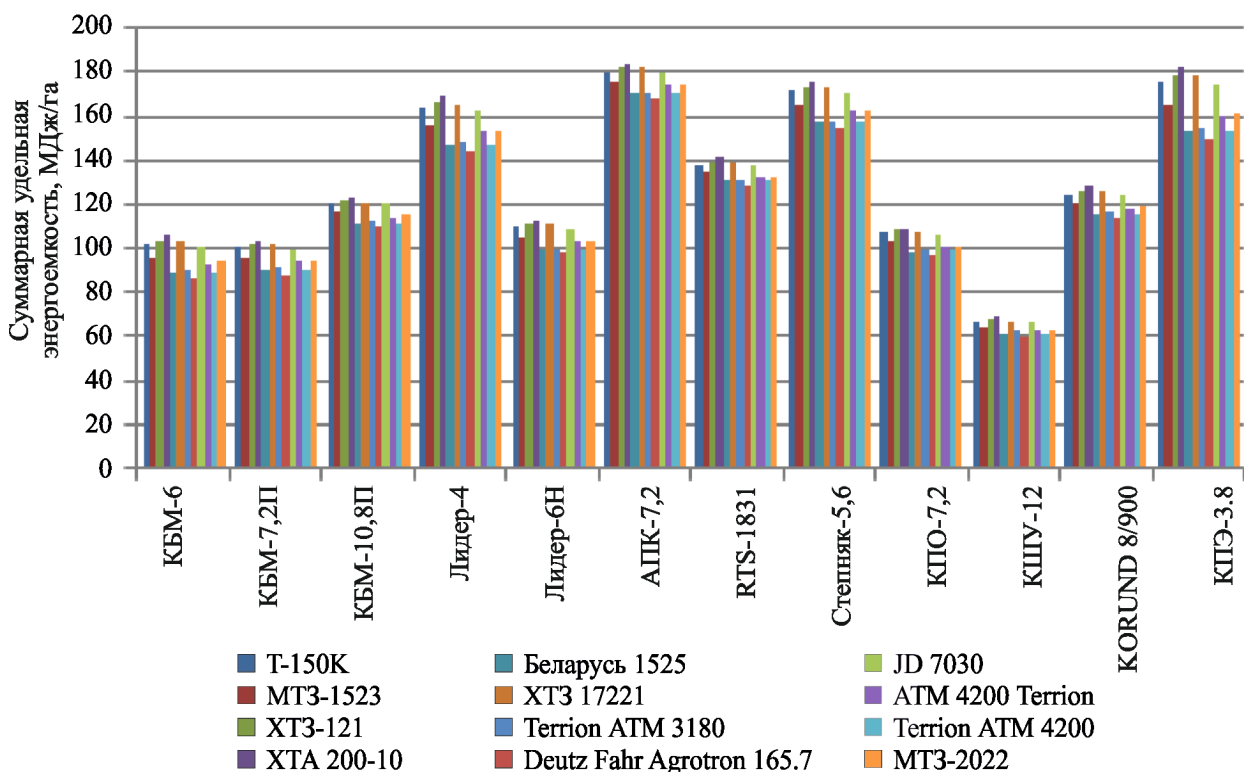


Рис. 3. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин при культивации (мощность трактора 150–210 л.с.)

Fig. 3. Total specific energy intensity of using technological machines during cultivation (tractor power 150-210 hp)

водительности составленных агрегатов (га/ч) (см. рис. 4).

Для практической реализации по обозначенным критериям минимизации затрат энергии и максимальной производительности созданного на этой базе агрегата целесообразно использование культиватора КШУ-12 в сочетании с мобильными энергетическими средствами Т-150К, МТЗ-1523, ХТЗ-121, ХТА 200-10, Беларусь 1525, ХТЗ 17221, Terrion ATM 3180, Deutz Fahr Agrottron 165.7, JD 7030, ATM 4200 Terrion, МТЗ-2022.

Отдельную позицию составляют ряд культиваторов с приемлемыми в этой области показателями: КБМ-7,2П, КБМ-10,8П, Лидер-6Н, АПК-7,2, RTS-1831, КПО-7,2, KORUND 8/900 (88–104, 110–123, 98–113, 171–184, 129–141, 171–182, 114–128 МДж/га) при эксплуатации тех же мобильных энергетических средств.

Увеличение мощности мобильных энергетических средств до 210–240 л.с. обеспечивает эксплуатацию широкозахватных культиваторов типа Лидер-7,2Н, Лидер-8 и Простор-5,4. Однозначным лидером по минимуму суммарной удельной энергоёмкости использования технологических машин является культиватор Лидер-7,2Н (111–119 МДж/га) (см. рис. 5).

По указанному критерию оценки достаточно близки значения при использовании культиваторов Лидер-8 и Простор-5,4 (147–156 МДж/га), которые превышают суммарную удельную энергоёмкость при использовании культиватора Лидер-7,2Н.

Оценивая эффективность использования данных технологических машин по второму критерию – производительности – отметим, что производительность культиваторов Лидер-7,2Н, Лидер-8 в 1,7 и 1,8 раза выше, чем у культиватора Простор-5,4.

Принимая во внимание изложенный выше материал, рекомендуем для практической реализации в данном классе мобильных энергетических средств JD 7830, JD 7930, New Holland 7060, Deutz Fahr Agrottron L720 DCR, Claas Axion 850, эксплуатацию культиваторов Лидер-7,2Н и Лидер-8.

Дальнейшее повышение мощности мобильных энергетических средств (до 240–280 л.с.) дает возможность эксплуатации широкозахватных культиваторов типа КБМ-14,4П, КД-720МЛ, Степняк-7,4, Степняк-10 и КПШ-9.

По минимальным энергетическим затратам при эксплуатации представленных технологических машин наиболее представительным является культиватор КПШ-9 (96–108 МДж/га) (см. рис. 6).

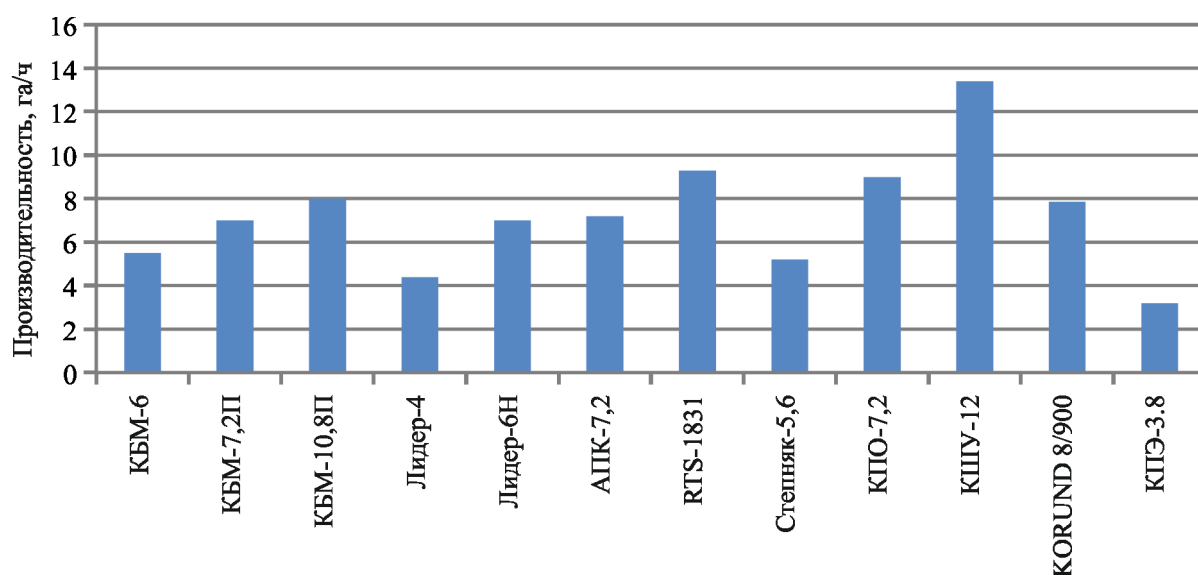


Рис. 4. Производительность технологической машины при культивации (мощность трактора – 150–210 л.с.)

Fig. 4. Process machine productivity during cultivation (tractor power - 150-210 hp)

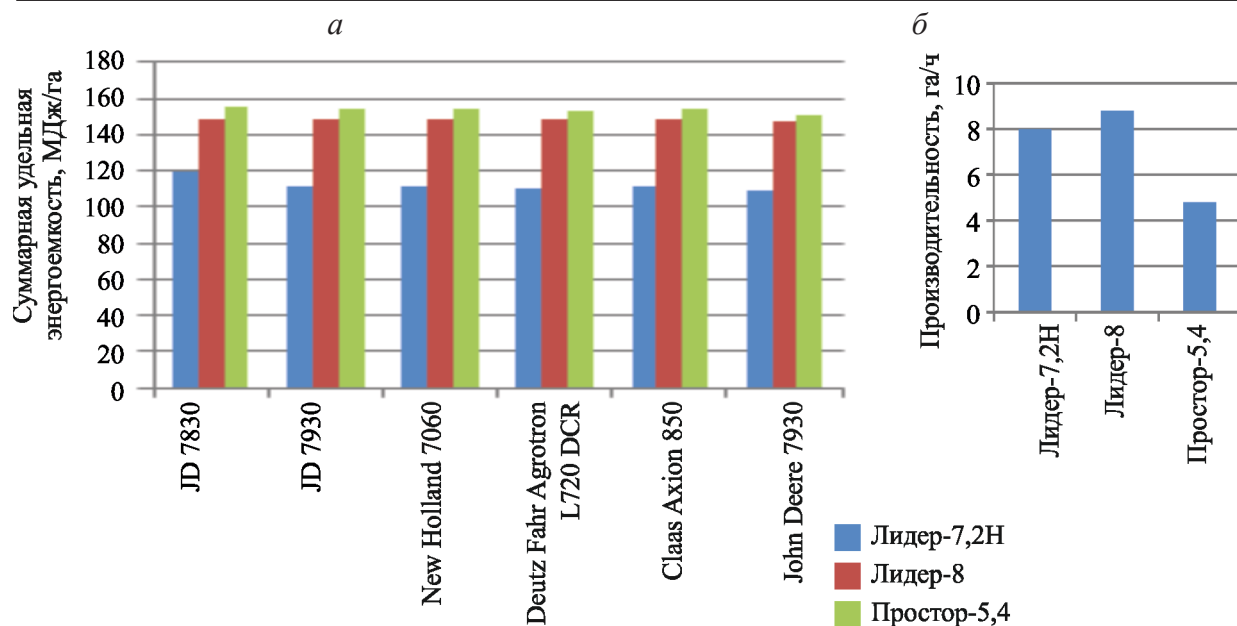


Рис. 5. Суммарная удельная энергоёмкость использования энергетических средств при культивации (а) при производительности технологического средства (б) (мощность трактора 210–240 л.с.)

Fig. 5. Total specific energy intensity of using technological machines during cultivation (а) at their productivity (б) (tractor power 210–240 hp)

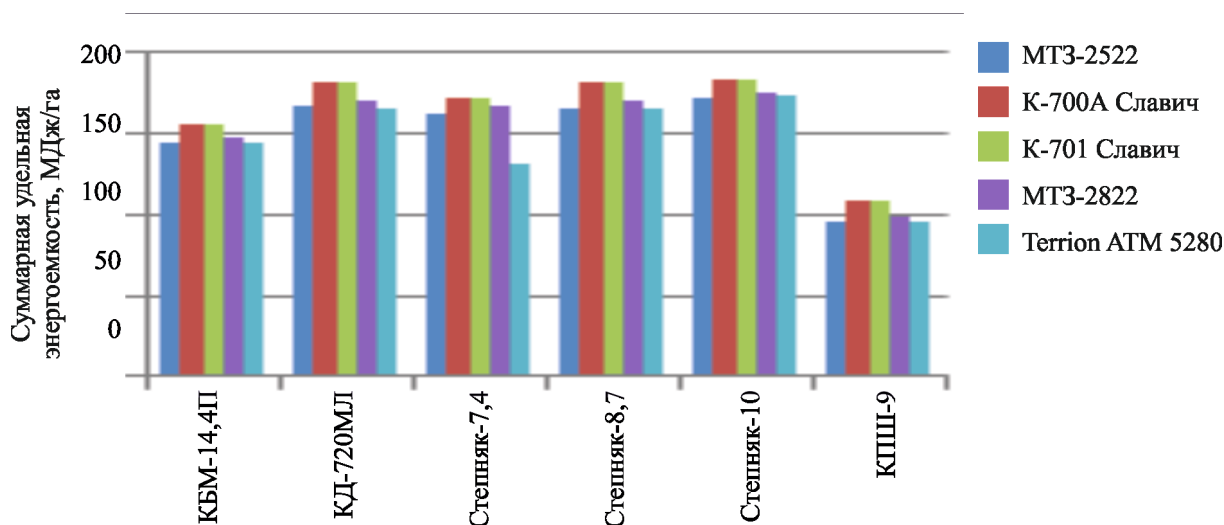


Рис. 6. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин при культивации (мощность трактора 240–280 л.с.)

Fig. 6. Total specific energy intensity of using technological machines during cultivation (tractor power 240–280 hp)

Все представленные выше культиваторы обладают энергоёмкостью своего использования, превышающие значения 145 МДж/га и более. Важно отметить, что по производительности КПШ-9 практически не уступает культиваторам КБМ-14,4П и Степняк-10 (см. рис. 7).

Оценивая изложенный материал по критериям суммарной удельной энергоёмкости использования технологических машин и производительности при их эксплуатации, целесообразно применение культиватора КПШ-9 в агрегате с мобильными энергетическими средствами МТЗ-2522, К-700А Славич, К-701 Славич, МТЗ-2822 и Terrion ATM 5280.

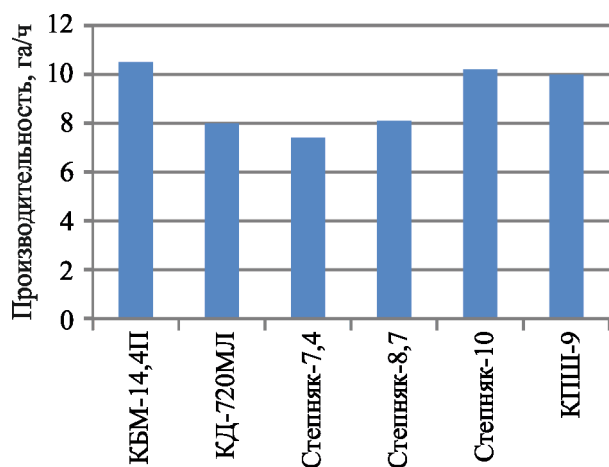


Рис. 7. Производительность технологической машины при культивации (мощность трактора 240–280 л.с.)

Fig. 7. Productivity technological machines during cultivation (tractor power – 240–280 hp)

ВЫВОДЫ

1. На начальном этапе формирования машинно-тракторных агрегатов оценку эффективности их комплектования целесообразно производить по критериям минимизации затрат на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоёмкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении соответствующего технологического процесса.

2. Использование предлагаемого методического подхода по оценке и выбору рационального состава машинно-тракторного агрегата обеспечивает снижение материальных затрат на приобретение технического обеспечения технологических процессов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на 20–25%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денцов М.Н., Горбунов Б.И. Энергетическая оценка технологических процессов возделывания и уборки сахарной свеклы // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (9). С. 33–38.
2. Сторожев И.И., Старцев А.В. Энергетическая оценка эффективности использования машинно-тракторных агрегатов с двигате-

лями, работающими на многокомпонентном топливе // Экономика и предпринимательство. 2017. № 10-1. С. 781–784.

3. Лаптева Е.А., Фарахов Т.М., Афанасьев Е.П. Оценка энергетической эффективности процессов в технологических устройствах с хаотичными насадочными элементами // Технические науки – от теории к практике. 2017. № 3. С. 148–158.
4. Кислов А.А., Кислов А.Ф. Энергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 2. С. 1–5.
5. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В., Максименко В.А. Энергетическая оценка технологического процесса послонной обработки почвы // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 4. С. 11–19.
6. Горбунов Б.И., Пасин А.В., Филимонов И.В., Тюльнев А.В., Волков И.М., Авдеева Е.А. Энергоинформационные основы прогнозирования процессов в агросистемах // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (9). С. 38–46.
7. Капов С.Н., Орлянский А.В., Кожухов А.А., Бобрышев А.В., Лиханос В.А., Мирошникова В.В. Энергетическая оценка обработки почвы // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 3 (43). С. 8–16.
8. Кулизаде Д. Экологичность технологических процессов механообработки на основе их энергоэффективности // Русский инженер. 2021. № 2 (71). С. 36–38.
9. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В., Максименко В.А., Камбулов С.И. Экспериментальная установка для исследования почвообрабатывающих рабочих органов // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 6. С. 37–42.
10. Яковлев Д.А., Беляев В.И., Прокопчук Р.Е. Сравнительная энергооценка рабочих органов посевных машин для прямого посева в условиях различного увлажнения почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 144–150.
11. Бачурин Р.Н., Беляев В.И., Пирожков Д.Н. Энергооценка машинно-тракторного агрегата при внесении жидких минеральных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 11 (181). С. 144–149.

12. Садов В.В. Сравнительная оценка комбикормовых агрегатов на этапе концептуального проектирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 10 (156). С. 144–150.
13. Завора В.А., Васильев С.Н., Маликова Н.С., Баузер И.И. Основы теоретического обоснования продолжительности выполнения механизированных работ в растениеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 138–141.
14. Курбанов Р.Ф., Савиных П.А., Нечаев В.Н., Нечаева М.Л. Оценка значимости факторов, влияющих на выбор ресурсосберегающих технологий в растениеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 145–151.
15. Пирожков Д.Н., Беляев В.И., Завора В.А. Основы теоретического обоснования технического оснащения растениеводства аграрного предприятия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (137). С. 166–169.
16. Назаров Н.Н., Яковлев Н.С., Некрасова И.В., Чекусов М.С. Выбор технологического и технического обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур по энергетическим затратам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 7 (201). С. 97–105.
4. Kislov A.A., Kislov A.F. Energy assessment processes in plant growing. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2016, no. 2, pp. 1–5. (In Russian).
5. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V., Maksimenko V.A. Energy evaluation of technological process of layer-by-layer tillage. *Agrotekhnika i energoobespechenie = Agrotechnics and energy supply*, 2014, no. 4, pp. 11–19. (In Russian).
6. Gorbunov B.I., Pasin A.V., Filimonov I.V., Tyul'nev A.V., Volkov I.M., Avdeeva E.A. Energy-informational bases of forecasting processes in agricultural systems. *Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Nizhny Novgorod state agricultural academy*, 2019, no. 2 (9), pp. 38–46. (In Russian).
7. Kapov S.N., Orlyanskii A.V., Kozhukhov A.A., Bobryshev A.V., Likhanos V.A., Miroshnikova V.V. Energy assessment of tillage. *Vestnik agrarnoi nauki Dona = Don agrarian science bulletin*, 2018, no. 3 (43), pp. 8–16. (In Russian).
8. Kulizade D. Environmental friendliness of machining processes based on their energy efficiency. *Russkii inzhener = Russian engineer*, 2021, no. 2 (71), pp. 36–38.
9. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V., Maksimenko V.A., Kambulov S.I. Experimental installation for the study of tillage working bodies. *Traktory i sel'khozmashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2017, no. 6, pp. 37–42. (In Russian).
10. Yakovlev D.A., Belyaev V.I., Prokopchuk R.E. Comparative energy evaluation of the working tools of sowing machines for direct seeding under conditions of different soil moisture content. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 6 (188), pp. 144–150. (In Russian).
11. Bachurin R.N., Belyaev V.I., Pirozhkov D.N. Energy estimation of machine-tractor unit at the application of liquid mineral fertilizers. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 11 (181), pp. 144–149. (In Russian).
12. Sadov V.V. Comparative evaluation of compound feed units at the stage of conceptual de-

REFERENCES

1. Dentsov M.N., Gorbunov B.I. Energy assessment of technological processes of sugar beet cultivation and harvesting. *Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Nizhny Novgorod state agricultural academy*, 2016, no. 1 (9), pp. 33–38. (In Russian).
2. Storozhev I.I., Startsev A.V. Energy assessment of the efficiency of using machine-tractor units with engines running on multicomponent fuel. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and entrepreneurship*, 2017, no. 10-1, pp. 781–784. (In Russian).
3. Lapteva E.A., Farakhov T.M., Afanas'ev E.P. Estimation of energy efficiency of processes in technological devices with chaotic fitting elements. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike = Technical Sciences – from Theory to Practice*, 2017, no. 3, pp. 148–158. (In Russian).

- signing. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2017, no. 10 (156), pp. 144–150. (In Russian).
13. Zavora V.A., Vasilev S.N., Malikova N.S., Baueer I.I. The foundations of theoretical substantiation of the duration of mechanized operations performance in crop production. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 2 (136), pp. 138–141. (In Russian).
14. Kurbanov R.F., Savinykh P.A., Nechaev V.N., Nechaeva M.L. The study of the factors affecting the choice of resource-saving technologies in crop production. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 2 (136), pp. 145–151. (In Russian).
15. Pirozhkov D.N., Belyaev V.I., Zavora V.A. The fundamentals of theoretical substantiation of technical equipment of crop production of an agricultural enterprise. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 3 (137), pp. 166–169. (In Russian).
16. Nazarov N.N., Yakovlev N.S., Nekrasova I.V., Chekusov M.S. The choice of technological and technical support for the cultivation of agricultural crops by energy costs. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021, no. 7 (201), pp. 97–105. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Назаров Н.Н.**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501 Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Некрасова И.В., старший научный сотрудник; e-mail: irnek@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay N. Nazarov**, Doctor of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Irina V. Nekrasova, Senior Researcher; e-mail: irnek@ngs.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 17.11.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ

✉ Шукин С.Г., Головатюк В.А.

Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: Shykin.sergei@mail.ru

В настоящий момент вибровозбудители, отличающиеся разным исполнением, широко применяют для осуществления всевозможных технологических операций. Использование вибрации позволяет снизить трудоемкость и уменьшить себестоимость производственных затрат. В данном исследовании представлены результаты изучения механизма возбуждения вибрационных колебаний, из которого очевидно, что на величину мощности вибровозбудителя влияют размеры корпуса, бегуна и принятый эксцентриситет. Приведены результаты по величине корпуса, эксцентриситета и величины неуравновешенной массы – бегуна, – перемещающегося по внутренней поверхности цилиндрического корпуса и возбуждающего при перемещении вибрационные колебания. Определена максимальная мощность вибровозбудителя, зависящая от того, будет ли бегун прижиматься центробежной силой к цилиндрической внешней поверхности вибровозбудителя на протяжении всей длины поверхности. Если бегун центробежной силой не сможет быть прижат к цилиндрической поверхности вибровозбудителя, то на рабочих скоростях вала отбора мощности (750 и 1000 об./мин) будут участки поверхности, по которым бегун будет прижат к поверхности и оказывать вибрационные колебания. На остальной поверхности бегун станет скользить мимо цилиндрической поверхности, вызывая стук, и не будет возбуждать вибрационные колебания. Определены участки поверхности, где бегун не будет возбуждать вибрационных колебаний. Стук относится к вибрационным колебаниям бегуна. Он возникает у бегуна, не набравшего максимальной скорости и поэтому не прижатого к корпусу цилиндрической формы. Передача энергии вибрации на корпус вибровозбудителя происходит от энергии бегуна. Бегун, касаясь корпуса, испытывает воздействие инерционных сил на корпус и возбуждает внешние силы, передающие энергию вибрации на вибровозбудитель.

Ключевые слова: глубокорыхлитель, вибровозбудитель, вибрация, амплитуда, рабочие скорости, вал отбора мощности

ON THE QUESTION OF DETERMINING THE VIBRATION EXCITER POWER

✉ Shchukin S.G., Golovatyuk V.A.

Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: Shykin.sergei@mail.ru

At the moment, vibration exciters of different designs are widely used for all kinds of technological operations. The use of vibration makes it possible to reduce labor intensity and the cost price of manufacturing costs. This paper presents the results of a study of the mechanism of excitation of vibrational motion, from which it is obvious that the size of the body, the runner and the adopted eccentricity affect the value of the power of the vibration exciter. The results on the size of the body, the eccentricity and the value of the unbalanced mass - a runner - moving on the inner surface of the cylindrical body and exciting vibration oscillations during movement are presented. The maximum power of the vibration exciter, depending on whether the runner will be pressed by centrifugal force to the cylindrical outer surface of the vibration exciter over the entire length of the surface, is determined. If the runner cannot be pressed to the cylindrical surface of the vibrator by centrifugal force, then at the working speeds of the PTO (750 and 1000 rpm) there will be areas of the surface where the runner will be pressed against the surface and exert vibratory oscillations. On the remaining surface, the runner will slip past the cylindrical surface, causing a knock, and will not excite vibratory oscillations. The surface areas where the runner will not excite vibratory oscillations were determined. The knock refers to the vibratory oscillations of the runner. The knocking occurs

in a runner who has not gained maximum speed and therefore is not pressed against a cylindrical shaped body. Transmission of vibration energy to the vibrator body comes from the energy of the runner. The runner, touching the hull, experiences the impact of inertial forces on the hull. The runner excites external forces that transfer vibration energy to the vibration exciter.

Keywords: deep loader, vibration exciter, vibration, amplitude, operating speeds, power take-off shaft

Для цитирования: Шчукин С.Г., Головатюк В.А. К вопросу определения мощности вибровозбудителя // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 81–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-9>

For citation: Shchukin S.G., Golovatyuk V.A. On the question of determining the vibration exciter power. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 81–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вибровозбудители разного исполнения широко используют для возбуждения механических колебаний, которые применяют для выполнения разнообразных технологических операций. При этом создают специальные вибрационные машины, в которых энергию от вибровозбудителя передают непосредственно на рабочий орган, использующий вибрацию (в частности, в сельском хозяйстве) для разрушения различных уплотненных ходовыми системами машин почв, безотвальной глубокой обработки почвы, пахоты. Применение вибрации позволяет значительно повышать производительность труда, снижать трудоемкость и себестоимость производства выполняемых работ. Вибровозбудители, возбуждающие механические колебания рабочих органов машин, весьма широко распространены во многих областях народного хозяйства и в быту.

Высокие возможности для использования вибровозбудителей появятся, когда удастся создать конструкции с максимальной мощностью, перенастройкой частот и амплитуд механических колебаний. Важным значением для вибрационных машин является изменение мощности вибровозбудителя, которое позволяет изменять амплитуду механиче-

ских колебаний и соответственно амплитуду колебаний рабочих органов, воздействующих на пласт почвы, разрушая монолитное строение антропогенно уплотненной почвы после проходов тяжелых машин, которые оказывают воздействие на подпочвенные горизонты ходовыми системами¹ [1–6].

Возбуждение механических колебаний представляет собой процесс преобразования энергии источника в вибрационные колебания. По мнению И.Н. Петрягина [7], повысить мощность вибровозбудителя возможно смещением ротора от центра корпуса. Теоретически и экспериментально И.Н. Петрягиным обосновано, что увеличение смещения ротора относительно центра корпуса позволяет увеличить максимальную мощность вибровозбудителя. Данное утверждение доказано на практике путем определения мощности вибровозбудителя на обкаточно-тормозном стенде. Экспериментальные значения мощности вибровозбудителя точно укладывались на расчетную характеристику, поэтому длительное время считалось, что выведенные И.Н. Петрягиным теоретические и расчетные значения [7], экспериментальные зависимости безупречны и применимы для разработки вибровозбудителей других конструкций². Нами был изготовлен вибровозбудитель с расчетными значениями

¹Трофимов И.В. Обоснование конструктивно-режимных параметров вибрационного культиватора для предпосевной обработки почвы: дис.... канд. техн. наук. Оренбург, 2018. 116.

²Пат. № 2578745, В06В1/16 (Российская Федерация). Вибровозбудитель / С.Г. Шчукин, В.В. Альт, М.А. Нагайка, В.А. Вальков. Заявл. 15.12.2014; опубл. 27.03.2016. Бюл. № 9.

И.Н. Петрягина, в котором обнаружались ударные нагрузки внутри корпуса, о которых в работе³ не было сообщено.

Происходил процесс возникновения ударных нагрузок от детали цилиндрической формы, называемой бегуном, при движении его по внутренней цилиндрической поверхности корпуса под воздействием ротора, центр вращения которого смещен от центра корпуса на величину эксцентриситета.

Привод вибровозбудителя осуществлялся от гидравлического мотора ГМШ-50, штатно установленного в Т-150К, приводимого в действие от гидравлического мотора штатного привода гидравлическим насосом ГМШ-50.

Выдвинуто предположение, что бегун не достигает верха обкатываемой внутренней поверхности корпуса вибровозбудителя. Сделано предположение, что если увеличить скорость вращения ротора, то удары по внутренней стороне цилиндрического корпуса не будут слышны, поскольку бегун будет обкатываться по всей внутренней поверхности корпуса. Однако увеличение скорости вращения от 750 до 1000 об./мин не изменили происходящий процесс, сила внутреннего удара только увеличилась.

Цель работы – усовершенствовать механический вибровозбудитель для получения его максимальной мощности посредством движения ротора, центр вращения которого смещен от центра корпуса с неуравновешенной массой – бегуном – по внутренней поверхности корпуса.

Объект исследования – процесс перемещения ротора, установленного со смещением от центра корпуса, неуравновешенной массы – бегуна, возбуждающей колебательное движение корпуса вибровозбудителя.

Предмет исследования – определение мощности вибровозбудителя в зависимости от смещения оси вращения ротора на величину эксцентриситета e от центра корпуса.

Задачи исследования:

– определение параметров конструкции вибровозбудителя, при которых отсутствует

стук при различных скоростях вращения ротора ($v = 750$ и 1000 об./мин);

– определение численным методом величины смещения ротора от центра корпуса вибровозбудителя (эксцентриситет e), при которой бегун при вращении будет касаться всей поверхности корпуса вибровозбудителя;

– определение величины действующей центробежной силы на бегун, вращаемый ротором;

– определение максимальной величины эксцентриситета $e_{\max}$, при которой бегун будет касаться корпуса вибровозбудителя во всех точках (см. рис. 1).

Конструктивно-технологическая схема вибровозбудителя максимальной мощности по данным И.Н. Петрягина [7] изготовлена и проверена в эксперименте. Диаметр корпуса вибровозбудителя $D = 120$ мм, диаметр бегуна $d = 72$ мм, эксцентриситет смещения ротора от центра корпуса $e = 15$ мм. Заявляемая мощность при 1000 об./мин по И.Н. Петрягину [7] составляет $N = 0,299$ кВт. При наличии стука вибровозбудитель испытан на глубокорыхлителе ГВ-1,8, получены следующие качественные показатели крошения

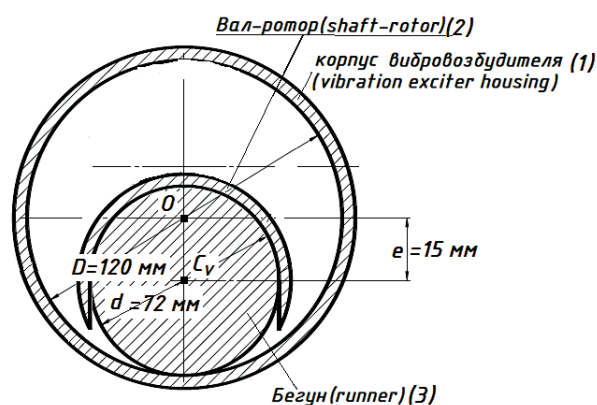


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема «бегункового» типа вибровозбудителя максимальной мощности (по И.Н. Петрягину [7])

Fig. 1. Structural and technological scheme of the "runner" type vibration exciter of maximum power (according to I.N. Petryagin [7])

³А.с. 1681979, МКШВ06 В 1/16 (СССР). Вибровозбудитель / И.Н. Петрягин; № 4386471/28. Заявл. 02.03.88; опубл. 07.10.91. Бюл. № 37.

структуры обрабатываемой почвы (см. таблицу).

Рассмотрим положение бегуна 3 относительно оси вращения C_v , смещенной на величину e эксцентриситета (см. рис. 2), и опишем характер его перемещения, приняв: S_b – центр масс бегуна 3; R – расстояние $|OK|$ от центра корпуса O , в котором происходит вращение бегуна 3, до точки K на линии $|OK|$, являющейся точкой касания бегуна 3 с поверхностью корпуса 1 (см. рис. 3). Расстояние от центра бегуна до оси вращения $C_v = 9$ мм.

Внешний диаметр цилиндрического бегуна $d = 0,072$ м (72 мм); r – расстояние $|C_v S_b|$ от центра (оно же центр массы) бегуна до центра вращения C_v ведущего звена.

Смещение центра вращения C_v от центра внутренней окружности корпуса O составляет 15 мм (эксцентриситет $e = 0,015$ м (15 мм)).

При расположении бегуна в нижней точке вибровозбудителя (начало отсчета угла отклонения $\varphi = 0$) расстояние $|C_v S_b| = 0,009$ м (9 мм);

$$\frac{D}{2} - \frac{d}{2} - e = 0,009.$$

Диаметр корпуса 1 равен 0,12 м (120 мм), $R = 0,06$ м (60 мм).

Ведущее звено 2 начинают вращать бегуны 3 (см. рис. 4) в вертикальной плоскости внутри корпуса с центром O относительно центра вращения C_v с постоянной частотой вращения (см. рис. 3) $\omega_v = 750$ об./мин.

Агротехнические показатели обработки почвы при различных режимах работы ГВ-1,8 (по данным, полученным М.А. Нагайка [9])

Agrotechnical indicators of tillage at different modes of operation of GV-1.8 (based on the data obtained by M.A. Nagayka [9])

Режим работы ГВ-1,8			Агротехнический показатель, %		
Масса бегунка, кг	Скорость движения, км/ч	Амплитуда колебаний (расчетная), 10^{-3} м	Глыбистость	Гребнистость	Сохранение стерни
Контроль*	9	—	26	21	52
4,55	9	1,06	21	20,5	56
4,55	3	1,06	14	18	68,5
9,1	9	4,53	8	11,5	81
9,1	3	4,53	3	8	92

*Без применения вибрации.

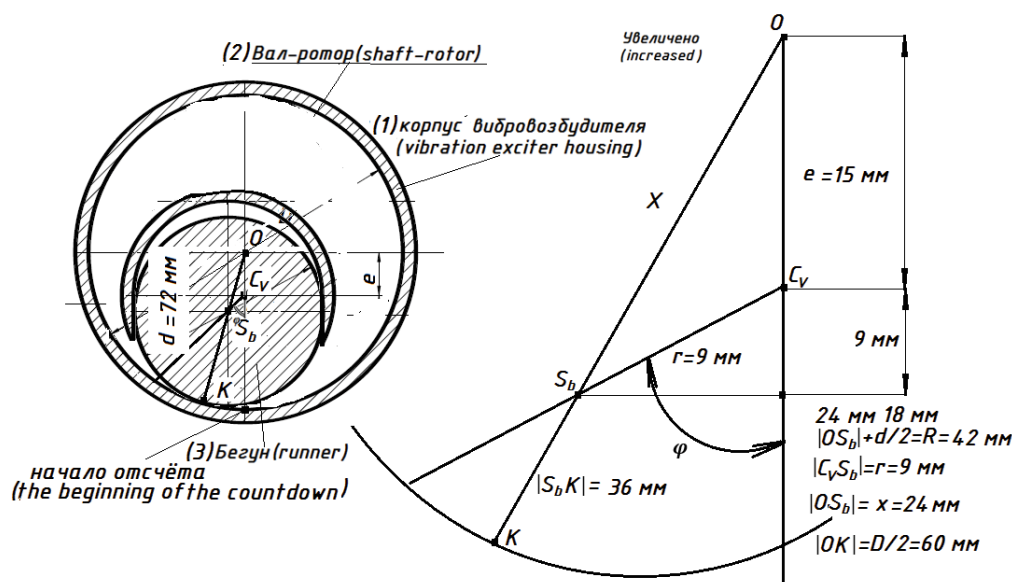


Рис. 2. Теоретическое положение радиусов из точек вращения O и C_v для конструкции И.Н. Петрягина [7]

Fig. 2. The theoretical position of the radii from the points of rotation O and C_v for the construction of I.N. Petryagin [7]

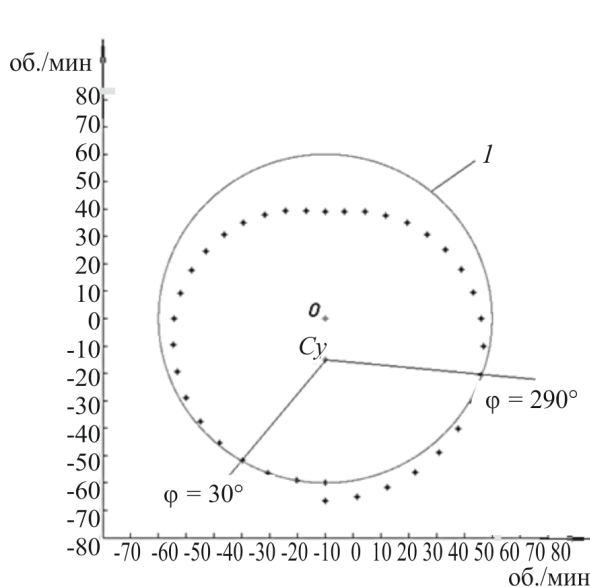


Рис. 3. Теоретическое положение точки K (точка касания бегуном 3 внутренней поверхности вибровозбудителя) в зависимости от поворота вокруг центра вращения C_v на величину угла φ

Fig. 3. The theoretical position of point K (the point where the runner 3 touches the inner surface of the vibration exciter) depending on the rotation around the center of rotation C_v by the value of angle φ

Теоретически бегун 3 с центром масс в точке S_b должен при вращении ведущим звеном 2 касаться поверхности 1 корпуса диаметра D в точке K (см. рис. 2). Поскольку есть явно слышимый удар, рассмотрим положение бегуна исходя из физики процесса.

Точка касания K бегуна 3 и внутренней поверхности вибровозбудителя с центром окружности O располагается на прямой OK , проходящей через центр S_b бегуна 3. Расстояние от центра O до K равно $|S_b O| + 1/2d$, где $d = 0,072$ – больший диаметр бегуна. Примем $|OS_b|$ за X .

Тогда в любой точке касания бегуна с внутренней поверхностью вибровозбудителя величина X постоянна. В нижней точке $X = e + r$ ($\varphi = 0$), где e – эксцентриситет, а r – расстояние от центра бегуна S_b 3 (см. рис. 4) до центра вращения C_v , которое равно (см. выше) 0,009 м (9 мм).

Выразим X через r . В общем случае

$$X^2 = (e + r \cdot \cos \varphi)^2 + r^2 \cdot \sin^2 \varphi. \quad (1)$$

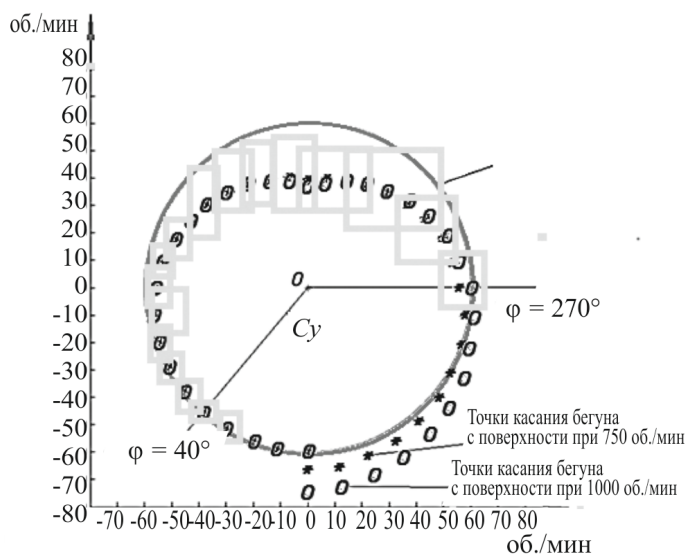


Рис. 4. Графическое решение уравнений для разной частоты вращения вала (750 и 1000 об./мин)

Fig. 4. Graphical solution of the equations for different shaft speeds (750 and 1000 rpm)

Отсюда

$$X = \sqrt{(e^2 + 2r \cos \varphi + r^2) \cos^2 \varphi + r^2 \sin^2 \varphi} = \sqrt{e^2 + 2r \cos(\varphi) + r^2}. \quad (2)$$

Теперь найдем r в каждой точке положения бегуна при повороте вокруг оси вращения C_v исходя из формул ускорения и вращательного движения тела вокруг оси (см. рис. 2).

$$r_{i+1} = r_i + \Delta r_i = r_i + \frac{a_i \Delta t^2}{2}. \quad (3)$$

В нашем случае бегуну 3 вращательное звено 2 передает центростремительное ускорение, $a_i = \omega^2 \times r_i$. С учетом ускорения свободного падения $g = 9,8$ м/с² общая формула будет выглядеть

$$r_{i+1} = r_i + \frac{(\omega^2 r_i + g \times \cos \varphi) \Delta t^2}{2}. \quad (4)$$

Поскольку r зависит от угла поворота φ , для расчетов примем шаг ($\Delta \varphi$), равным 10 град. В этом случае время Δt выразим через частоту вращения

$$\nu = 750 \text{ об./мин} = 12,5 \text{ об./с.}; \quad (5)$$

$$\Delta t = (10/360)/12,5 = 1/450 \text{ с}^{-1}; \quad (6)$$

$$\Delta t^2 = (1/450)^2 = 1/202500 \text{ с}^{-2}. \quad (7)$$

Определим также угловую скорость вращения ведущего звена 2, она же угловая скорость бегуна 3. Она постоянна и равна $\omega = 2\pi\nu$. $\nu = 750$ об./мин = 12,5 об./с. Отсюда $\omega = 2 \times 3,1416 \times 12,5 = 78,54$ (рад/с) и $\omega^2 = 6168,5316$ (рад/с)². Подставив данные значения в формулу

$$r_{i+1} = r_i + \frac{(\omega^2 r_i + q \times \cos \varphi_i)}{2}, \quad (8)$$

получим выражение

$$r_{i+1} = r_i + \frac{(6168,53r_i + 9,8 \times \cos \varphi_i)}{2 \times 202500}, \quad (9)$$

где $\varphi_i = \varphi_0 + \frac{2 \times \pi \times 10}{360} \times i. \quad (10)$

После этого с помощью численных методов с использованием Майкрософт Excel вычислим X_i через предварительно полученные таким же образом r_i . Прибавив к значению X_i половину диаметра бегуна, получим радиус-вектор от O до теоретической точки касания K бегуна 3 с внутренней поверхности вибровозбудителя. Расчет представлен на рис. 3.

Таким образом, представленное на рис. 3 графическое изображение дает полную картину причины возбуждения звуковых колебаний (удара): это отрыв бегуна 3 от корпуса 1, его разгон без соприкосновения с корпусом 1 и контакт при $\varphi = 290$ град., вызывающий удар (стук), звук которого слышен при работе вибровозбудителя. Нами исследовались два практических режима работы при частоте вращения 750 и 1000 об./мин.

На рис. 4 звездочками и кружками представлены точки K и их положение относительно корпуса с шагом угла $\varphi = 0,1745$ рад. (10 град.)

Окружность 1 указывает на положение корпуса. Если звездочки и кружки расположены внутри корпуса 1, то траектория перемещения указывает на действие недостаточной величины центробежной силы. Напротив, если звездочки и кружки расположены за пределами корпуса 1, то действие центробежной силы на практике приводит к контакту бегуна с корпусом, что является причиной ударного воздействия бегуна

на корпус и возбуждения колебаний. Представленный график процесса (см. рис. 3), показанный звездочками, указывает на то, что бегун 3, движущийся с частотой вращения 750 об./мин, отрывается от корпуса при $\varphi > 30$ град. и возвращается к контакту с корпусом при $\varphi = 290$ град., поэтому воздействует на корпус на участке $290 < \varphi < 30$.

Представленный на рис. 4 процесс, показанный кружками, указывает на то, что бегун 3, вращающийся с частотой вращения 1000 об./мин, отрывается от корпуса при $\varphi > 40$ град. и возвращается к контакту с корпусом при $\varphi > 270$ град., поэтому взаимодействует с корпусом на участке $270 < \varphi < 40$. Остальная поверхность корпуса не контактирует с бегуном.

Определим общую энергию от вращающегося бегуна как сумму кинетической и потенциальной энергий от разных типов движения внутри корпуса вибровозбудителя. При круговом движении бегуна – это кинетическая энергия бегуна ΔK , а при поднятии и опускании бегуна – потенциальная энергия ΔP . Суммарная энергия – сумма кинетической и потенциальной энергий – определится как $\Delta E = \Delta K + \Delta P$. При условии практически неизменной скорости вращения бегуна ($\Delta K = 0$, если $\omega = \text{const}$) определим величину изменения потенциальной энергии как $\Delta P = vmg\Delta h = vg(2(\frac{D}{2} - \frac{d}{2}))$.

Таким образом, максимальная работа, выдаваемая вибровозбудителем, будет равна $A = \Delta P = vg(D - d)m$, где v – частота вращения оборотов в секунду.

В работе И.Н. Петрягина [7] отмечено, что максимальный КПД вибровозбудителя достигается при соотношении диаметра бегуна d и внутреннего диаметра корпуса D как $\frac{D}{2} = 0,6$.

Распишем массу бегуна исходя из размеров и плотности

$$m = \pi \frac{d^2}{4} \rho l = \frac{1}{4} \rho \pi l d^2. \quad (11)$$

Примем S – площадь бегуна, L – длина бегуна, ρ – плотность используемого материала, т.е. стали, 7800 кг/м³, $g = 9,80665$ м·с⁻². Продифференцируем выражение и приравняем производную к нулю:

$$\Delta\Pi = \nu g r \pi \frac{d^2}{4} L (D - d) = \frac{1}{4} \nu g r \pi L (d^2 D - d^3) = k(d^2 D - d^3); \quad (12)$$

$$k \times (2dD - 3d^2) = 0 \text{ или } k \times d \times (2D - 3d) = 0. \quad (13)$$

Рассмотрим $2D - 3d = 0$.

$$\text{Отсюда получим } d = \frac{2}{3}D. \quad (14)$$

Из этого следует, что максимальная работа может быть совершена при соотношении D и d , равном $d = \frac{2}{3}D$, что очень близко к соотношению, полученному И.Н. Петрягиным [7], но вычисленным другим способом.

На рис. 5 представлена конструкция вибровозбудителя с учетом результатов работы по получению его максимальной мощности и работы без стука. На предложенной вариант подана заявка на изобретение.

Представлена тыльная боковая плита 10 с выполненным в ней отверстием 8, смещенным на величину эксцентриситета e , вал ротора 3 вращает бегун 1 внутри корпуса вибровозбудителя. Несущий упор 19 обе-

спечивает свободное вращение цилиндрического диска 3, от вращения которого через вал ротора 3 вращение передается на бегун 1, перемещаемый внутри цилиндра корпуса вибровозбудителя [9, 10]. Даны виды: а – с внутренней стороны на плиту 10, на которой выполнен паз 6 с размещенной в пазе цилиндрической трубой корпуса 1 вибровозбудителя, по внутренней стороне которого движется бегун 3 по часовой стрелке, прижатый центробежной силой в окне трубы 15 к корпусу 1 вибровозбудителя; б – тыльное изображение плиты 10, на которой выполнена проставка привода 17, размещенная на шпильках, закрепленных в отверстиях 9 боковой плиты 10; имеется сквозное отверстие 14 для заливки смазки во внутрь вибровозбудителя на проставку привода 17, через отверстия 9 крепят шпильками гидравлический мотор.

Заявляемый вибровозбудитель в сборе. Между боковой тыльной плитой 10 и тыльной плитой 11 расположена цилиндрическая труба 15, образующая корпус вибровозбудителя, по внутренней части которой движется бегун 1.

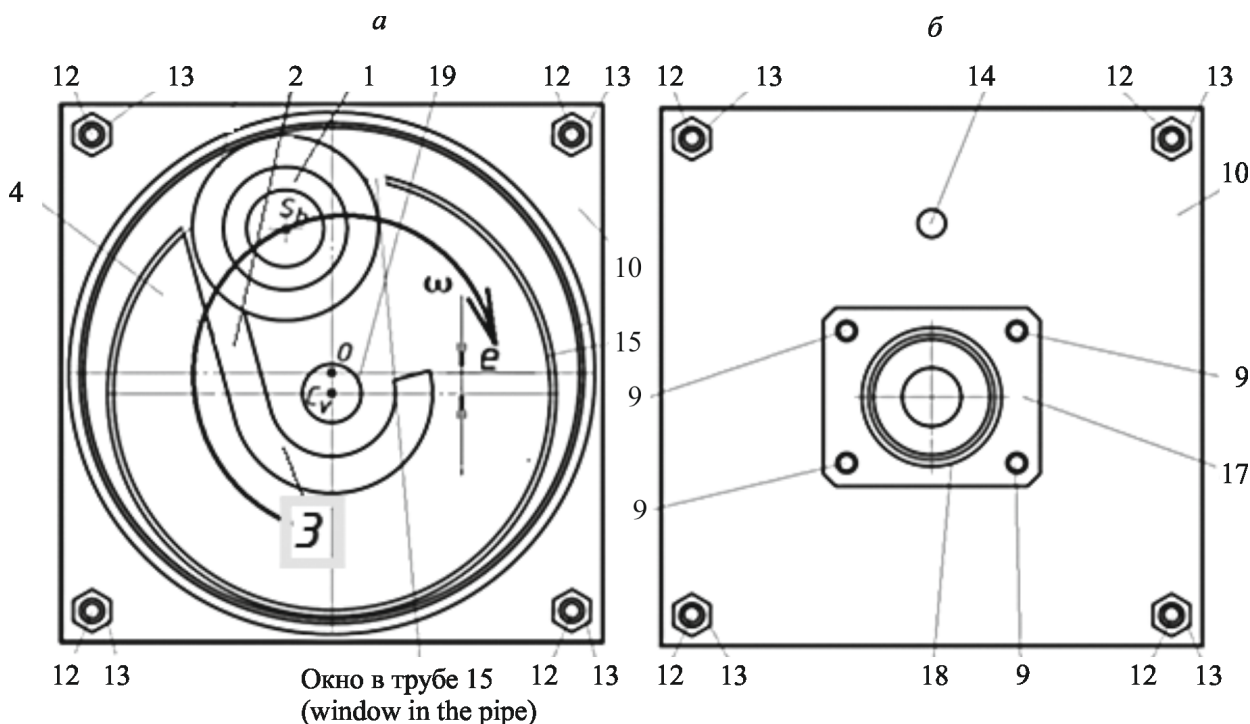


Рис. 5. Устройство боковых плит и ротора, перемещающего бегун внутри корпуса предлагаемого вибровозбудителя с мощностью [8]

Fig. 5. Fig. 5. The device of the side plates and the rotor moving the runner inside the housing of the proposed vibration exciter with power [8]

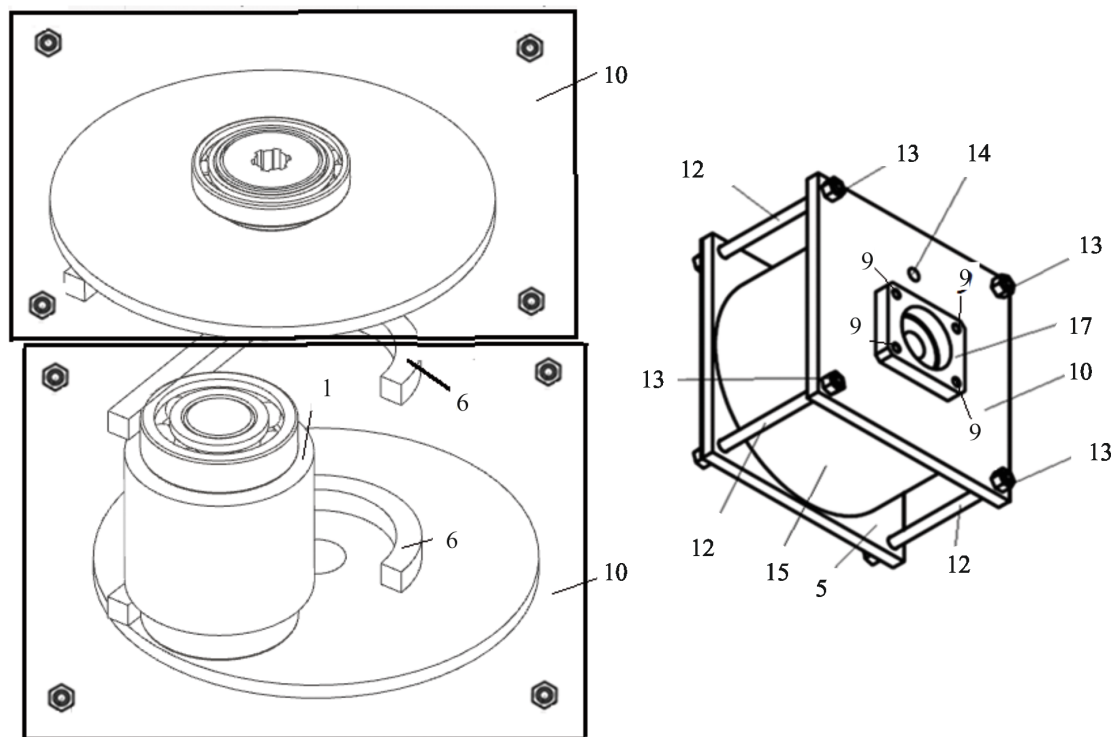


Рис. 6. Внешний вид вибровозбудителя максимальной мощности

Fig. 6. Maximum power vibration exciter appearance

Предлагаемый расчетный метод, использованный в работе, позволил определить величину эксцентриситета, при которой бегун касается всех точек внутренней поверхности вибровозбудителя. Изменяя параметры (частоту вращения и диаметр бегуна), установлено, что для того, чтобы бегун касался всей поверхности корпуса вибровозбудителя, для эксцентриситета e должно выполняться следующее условие:

$$16,11 \left(\text{при } v - 500 \frac{\text{об.}}{\text{мин}} \right) \leq \frac{D-d}{e} \leq 17,06 \left(\text{при } v - 1500 \frac{\text{об.}}{\text{мин}} \right). \quad (15)$$

Патентуемые значения, при которых достигается максимальная мощность заявляемого вибровозбудителя, соответствуют условиям соотношения диаметров как $d = \frac{2}{3}D$, где D – диаметр цилиндрического корпуса, d – диаметр бегуна равен 72 мм, величина эксцентриситета равна 17,06 мм.

ВЫВОДЫ

1. Изучен механизм возбуждения вибрационного колебания, который показал, что

на величину мощности вибровозбудителя существенно влияют размеры его корпуса, бегуна и принятый эксцентриситет.

2. Обоснована на примере расчетов, выполненных численным методом, конструктивно-технологическая схема вибровозбудителя инерционного типа и приведены результаты, при которых достигается его максимальная мощность

$$W = vg(D - d)m,$$

где v – частота вращения оборотов в секунду.

3. Получено патентопригодное решение о необходимой величине эксцентриситета $e_{\max}$, при которой бегун будет касаться корпуса вибровозбудителя во всех точках (см. рис. 1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горин Г.С. Механические характеристики почвогрунтов при объемном деформировании // Наука и техника. 2012. № 3. С. 56–63.
2. Федоренко И.Я. Теория взаимодействия вибрационных рабочих органов с почвой // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3. С. 15–19.

3. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв: монография. Киев: Феникс, 2008. 266 с.
4. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике: монография. Нижний Новгород: Издательство ННГУ, 2004. 401 с.
5. Василенко В.В. Обоснование направления вибрации почвообрабатывающего рабочего органа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (55). С. 134–139.
6. Федоренко И.Я. Теория взаимодействия вибрационных рабочих органов с почвой // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 15–19.
7. Петрягин И.Н. Определение мощности вибровозбудителя // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1984. № 1. С. 80–84.
8. Альт В.В., Щукин С.Г., Нагайка М.А., Вальков В.А. Концепция развития почвообрабатывающих машин и способ снижения затрат на глубокую обработку почвы // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 68–71.
9. Нагайка М.А. Исследование лабораторной модели вибрационной почвообрабатывающей машины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 2. С. 96–104.
10. Нагайка М.А., Щукин С.Г., Головатюк В.А. Исследование рабочего процесса вибрационного глубокорыхлителя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6. С. 110–114.
3. Panov I.M., Vetokhin V.I. *Physical foundations of soil mechanics: monograph*. Kiev, Feniks Publ., 2008, 266 p. (In Russian).
4. Neimark Yu.I. *Mathematical models in natural science and engineering*. Nizhnii Novgorod, NNGU Publ., 2004. 401 p. (In Russian).
5. Vasilenko V.V. Substantiation of the direction of vibration of soil-tilling working body. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2017, no. 4 (55), pp. 134–139. (In Russian).
6. Fedorenko I.Ya. Theory of interaction between vibratory tillage tools and soil. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2016, no. 3, pp. 15–19. (In Russian).
7. Petryagin I.N. Determining the power of the vibration exciter. *Sibirskii Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 1984, no. 1, pp. 80–84. (In Russian).
8. Alt' V.V., Shchukin S.G., Nagaika M.A., Val'kov V.A. Concept of development of tillage machines and method of cost reduction for deep tillage. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2015, vol. 29, no. 9, pp. 68–71. (In Russian).
9. Nagaika M.A. Investigating a laboratory model of vibration tillage machine. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 2, pp. 96–104 (In Russian).
10. Nagaika M.A., Shchukin S.G., Golovatyuk V.A. The study of vibrating subsoil tiller operating process. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2015, no. 6, pp. 110–114. (In Russian).

REFERENCES

1. Gorin G.S. Mechanical soil characteristics at volume deformation. *Nauka i tekhnika = Science and Technique*, 2012, no. 3, pp. 56–63. (In Russian).
2. Fedorenko I.Ya. Theory of interaction between vibratory tillage tools and soil. *Vestnik Altaiskogo*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Щукин С.Г., кандидат технических наук, доцент; адрес для переписки: Россия, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: shykin.sergei@mail.ru

Головатюк В.А., старший преподаватель; e-mail: rector@nsau.edu.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Sergey G. Shchukin, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; address: 160, Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: shykin.sergei@mail.ru

Viktor A. Golovatyuk, Senior Lecturer; e-mail: rector@nsau.edu.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 20.10.2021
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.01.2022
 Дата публикации / Published 25.03.2022

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОСЕВА И ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Чекусов М.С., ✉ Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н., Даманский Р.В.

Омский аграрный научный центр

Омск, Россия

✉ e-mail: 55asc@bk.ru

Представлены преимущества и недостатки наиболее распространенных типов рабочих органов сеялок. Изучен сошник, позволяющий вносить минеральные удобрения ниже уровня посева семян зерновых культур с сохранением почвенной прослойки между ними. Двухфакторный полевой опыт проведен в четырехкратной повторности с постоянной нормой высева семян яровой мягкой пшеницы Омская 36 4,5 млн всхожих семян/га в 2021 г. Норма внесения минеральных удобрений с содержанием азота 34,4% составляла 0 (контроль), 100, 150, 200 кг/га на каждом типе исследуемых рабочих органов. Приведены результаты сравнительных исследований качества работы трех типов сошников на базе серийной сеялки СКП-2,1. В ходе полевого опыта определяли глубину заделки семян, полевую всхожесть, урожайность и качество зерна по вариантам. Лучшие показатели посева по глубине заделки семян яровой пшеницы обеспечили комбинированные и дисковые сошники. Наибольшая полевая всхожесть (72,7%) получена при посеве комбинированными сошниками с внесением аммиачной селитры в норме 150 кг/га, дисковыми сошниками при той же норме – 71,0%, с серийным лаповым сошником – 55,1%. Наибольшая урожайность (3,18 т/га) получена при посеве сеялкой СКП-2,1К с комбинированными сошниками при внесении 150 кг аммиачной селитры/га. При той же норме внесения удобрений урожайность при посеве дисковыми сошниками составила 3,16 т/га. Содержание сырой клейковины на контрольном варианте зарегистрировано 31,2%, при посеве комбинированным сошником – 34,1%, при посеве дисковым сошником с внесением аммиачной селитры в физическом весе 200 кг/га – 33,4%.

Ключевые слова: сеялка, сошник, способы посева зерновых, внесение удобрений, урожай зерна, качество зерна

WHEAT CULTIVATION DEPENDING ON THE METHOD OF SEEDING AND NITROGEN FERTILIZER APPLICATION

Chekusov M.S., ✉ Kem A.A., Mixal'czov E.M., Shmidt A.N., Damanskij R.V.

Omsk Agrarian Research Center

Omsk, Russia

✉ e-mail: 55asc@bk.ru

The advantages and disadvantages of the most common types of seed drills are presented. A coulter has been studied that makes it possible to introduce mineral fertilizers below the level of sowing cereal seeds with preservation of the soil layer between them. Two-factor field experiment was conducted in four replications with a constant seeding rate of spring soft wheat Omskaya 36 4.5 million germinated seeds/ha in 2021. The rate of mineral fertilizers with a nitrogen content of 34.4% was 0 (control), 100, 150, 200 kg / ha on each type of the studied work tools. The results of comparative studies of the quality of three types of coulters on the basis of a serial seeder SKP-2,1 are presented. During the field experiment, the depth of seed embedding, field germination, yield and grain quality were determined according to the variants. The best seeding depth of spring wheat seeds was provided by combined and disc coulters. The highest field germination (72.7%) was obtained when seeding with combined coulters with the introduction of ammonium nitrate at a rate of 150 kg / ha, disc coulters at the same rate - 71.0%, with a standard tine coulter - 55.1%. The highest yield (3.18 t/ha) was obtained when seeding with SKP-2,1K drill with combined coulters at the application of 150 kg/ha of ammonium nitrate. At the same rate of fertilizer application, the yield when seeding with disc coulters was 3.16 t/ha. The content of crude gluten in the control variant was 31.2%, when seeding with a combined coulter - 34.1%, when seeding with a disc coulter with the introduction of ammonium nitrate in the physical weight of 200 kg/ha - 33.4%.

Keywords: seeder, coulter, grain seeding methods, fertilization, grain yield, grain quality

Для цитирования: Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н., Даманский Р.В. Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 90–99. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-10>

For citation: Chekusov M.S., Kem A.A., Mixal'czov E.M., Shmidt A.N., Damanskij R.V. Wheat cultivation depending on the method of seeding and nitrogen fertilizer application. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 90–99. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Основной причиной низкой эффективности возделывания сельскохозяйственных культур в Западной Сибири является несогласованность технологических и биологических циклов в различных климатических зонах. Для эффективного производства зерна рекомендуется активное освоение адаптивно-ландшафтной системы земледелия с набором агротехнологий различных уровней интенсификации на основе точного (цифрового) управления потенциалом природных ресурсов [1].

На основе агроландшафтного районирования, рациональной структуры использования посевных площадей, интенсификации производства обеспечивается рост производства зерна [2, 3].

Машинные технологии определяют уровень продуктивности растений, качества продукции и в конечном итоге формируют социальные и экологические стороны агропромышленного производства. Технические средства в совокупности с обеспечивающими их системами составляют материально-техническую базу технологий, адаптация которых к природно-климатическим условиям и ресурсным возможностям сельхозпроизводителя определяет уровень интенсивности. При этом необходимым условием является устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [4].

В растениеводстве 76% сельскохозяйственных организаций и 78% КФХ производят продукцию по экстенсивным технологиям, в которых практически не используются достижения науки, передового отечественного и зарубежного опыта, не привлекаются в должной мере средства интенсификации

(минеральные удобрения и др.), используются машины старых поколений. Величина урожая зависит в основном от складывающихся погодных условий и естественного плодородия почв.

При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60–85 кг д.в. минеральных удобрений на один гектар севооборотной площади, в том числе азота 30 кг, фосфора 30–45, калия 10 кг. На основе почвенной диагностики фосфорные и калийные удобрения могут быть внесены в запас на ротацию севооборота или ежегодно под отдельные сельскохозяйственные культуры. Азотные удобрения должны вноситься перед посевом локально [5, 6].

В большей части существующих конструкций сошниковых групп, посев семян и внесение удобрений осуществляется совместно в один рядок (в один горизонт глубины). При этом наблюдается изменение направления роста (хемотропизм) корневой системы под влиянием химических веществ (удобрений). Недостаток этого способа – низкая эффективность использования стартовых удобрений, особенно при условии низкой влажности посевного слоя почвы. Поэтому предпочтительным является наличие прослойки почвы между семенами и туками для активного развития корневой системы растения и использования всего потенциала вносимых минеральных удобрений. Также при внесении туков на определенную глубину можно регулировать расположение корневой системы растений в пространстве пахотного слоя [7–9].

Существует несколько типов сошниковых групп: дисковые, лаповые, анкерные. В свою очередь, каждый из видов сошников может работать в сочетании с различными

дополнительными рабочими органами, исходя из выбранной технологии посева [10–12].

Работа дисковых сошников возможна лишь на заранее подготовленной предпосевной культивацией почве. Для работы на химических парах, где на поверхности поля находится большое количество растительных остатков, рекомендуется использовать дефазно расположенные диски или диски с разными диаметрами, либо однодисковые сошники. Работа двухдискового сошника без дополнительно установленного впереди прорезного диска происходит без прорезания, а с вдавливанием растительно-соломистой массы в почву. Семена не в полной мере заделываются в почву, защемление среди соломистой массы снижает их полевую всхожесть. Применять дисковые сошники нежелательно при повышенной влажности почвы. К недостаткам дисковых сошников относится невозможность заделывать семена свыше 4 см на твердых пересохших почвах.

Наиболее универсальными являются лаповые сошники, выполняющие за один проход несколько технологических операций: культивацию, рыхление, посев и внесение удобрений. Если посевной слой пересох, то лаповые сошники могут производить посев на большую глубину (4–8 см), что позволяет получить всходы даже при самых неблагоприятных условиях.

Анкерные сошники способны заглубляться даже на самых плотных почвах, при этом заделывать семена практически на любую глубину. Они меньше воздействуют на почву в сравнении со стрелчатой лапой, оставляя узкие посевные полосы. Почва меньше рыхлится, на ее поверхности больше остается стерни и соломы, меньше испаряется влага [13, 14].

Всхожесть и развитие растений в значительной мере зависят от способа посева и внесения удобрений. Совместная заделка нежелательна, так как контакт минеральных удобрений с семенами влияет на всхожесть семян. Поэтому создание рабочих органов для стерневой зернотуковой сеялки с раздельным внесением семян и минеральных удобрений является важной задачей. С целью повышения эффективности

вносимых удобрений и урожайности культур нами разработан комбинированный сошник для раздельного внесения семян и удобрений [15].

Цель исследования – провести сравнительное изучение приемов возделывания яровой мягкой пшеницы сеялок СКП-2,1К, оборудованной сошниками для разноуровневого посева, и СДС-2,1 с дисковыми сошниками в сравнении с серийной СКП-2,1 (контроль). Определить влияние способа посева, размещения удобрений относительно семян и нормы внесения стартовых доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна.

Задачи исследования:

- разработать схему полевого сравнительного опыта для выполнения посева зерновых по интенсивной технологии;

- провести лабораторно-полевые сравнительные исследования работы стерневой сеялки с комбинированными сошниками, дисковыми и серийными с оценкой качества и урожайности зерна.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Закладка полевого опыта проведена 20.05.2021 г. трактором МТЗ-82 в агрегате с базовой стерневой сеялкой-культиватором СКП-2,1. В процессе исследований сравнивали три вида сошников, установленных на раме базовой сеялки СКП-2,1: комбинированные сошники для разноуровневого посева (СКП-2,1К) конструкции Омского АНЦ, дисковые сошники (СДС-2.1), серийные лаповые сошники (СКП-2,1 – контроль). При разных способах и вариантах внесения удобрений (аммиачная селитра) норма устанавливалась 100, 150 и 200 кг/га. Предшественником при посеве была яровая пшеница. Основная обработка почвы осенью не проводилась. В качестве минерального удобрения применяли аммиачную селитру, которую вносили одновременно с посевом. В ходе полевого опыта определяли глубину заделки семян, полевую всхожесть, урожайность и качество зерна по вариантам. Опыт заложены по общепринятой методике Б.А. Доспехова.

Методика закладки и условия проведения полевого агротехнического опыта разработаны на основе СТО АИСТ 10 5.6–2003 Машины посевные. Программа и методы испытаний, ГОСТ 31345–2007 Сеялки тракторные. Методы испытаний.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все проходы при посеве проводились при одинаковой норме высева яровой пшеницы Омская 36 (4,5 млн всхожих семян/га). Весь объем работ был выполнен в течение одной рабочей смены. На схеме представлены варианты одной повторности опыта (см. рис. 1).

Опыт был двухфакторный, повторность четырехкратная. Предшественник яровая пшеница. Основная обработка почвы осенью не проводилась. Удобрения вносили одновременно с посевом, процентное содержание питательных веществ в удобрении 34,4%. Посев проводили яровой пшеницей Омская 36. Качественные показатели семян: масса 1000 зерен – 33 г, полевая всхожесть – 92%, влажность – 14%. Норма высева по всем повторностям – 4,5 млн всхожих зерен/га. Глубина заделки семян – 6 см.

Общее число учетных делянок 48, размер опытного участка 0,25 га. В ходе полевого опыта определялись следующие показатели: полевая всхожесть, равномерность

глубины посева и урожайность по вариантам. Гербицидная обработка посевов проходила 20 июня. Уборка делянок проводилась 06.09.2021 г. селекционным комбайном Wintersteiger.

Всходы, полученные на делянках при работе каждого типа сошниковых групп, показаны на рис. 2.

Равномерное размещение семян на заданную глубину является важнейшим показателем как оценки посева, так и работы сошниковой группы. Глубина заделки семян может меняться в широких пределах в зависимости от увлажнения посевного слоя и погодных условий во время посева. Если весна влажная, то рекомендуется посев производить на глубину 4–5 см. При жаркой сухой ветреной погоде во время посевной глубина сева может достигать 6–8 см. Не рекомендуется производить посев зерновых культур на глубину меньше 4 см, так как почвы быстро пересыхают и семя не успевает дать проросток.

В табл. 1 приведены расчетные показатели по глубине заделки семян (по этилированной части растений) каждой из исследуемых сошниковых групп.

Сравнительные полевые испытания показали, что коэффициент вариации сеялки СКП-2,1 с серийными лаповыми сошниками

Ширина участка 29,4 м													
Длина участка 50 м	Учетные делянки												Защитная полоса
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Защитная полоса	Сеялка СДС-2,1 без удобрения	200 кг/га	150 кг/га	100 кг/га	Сеялка СКП-2,1К без удобрения	200 кг/га	150 кг/га	100 кг/га	Сеялка СКП-2,1 (контроль) без удобрения	200 кг/га	150 кг/га	100 кг/га	Защитная полоса

Рис. 1. Схема закладки одной повторности опыта

Fig. 1. The scheme of setting up one repetition of the experiment

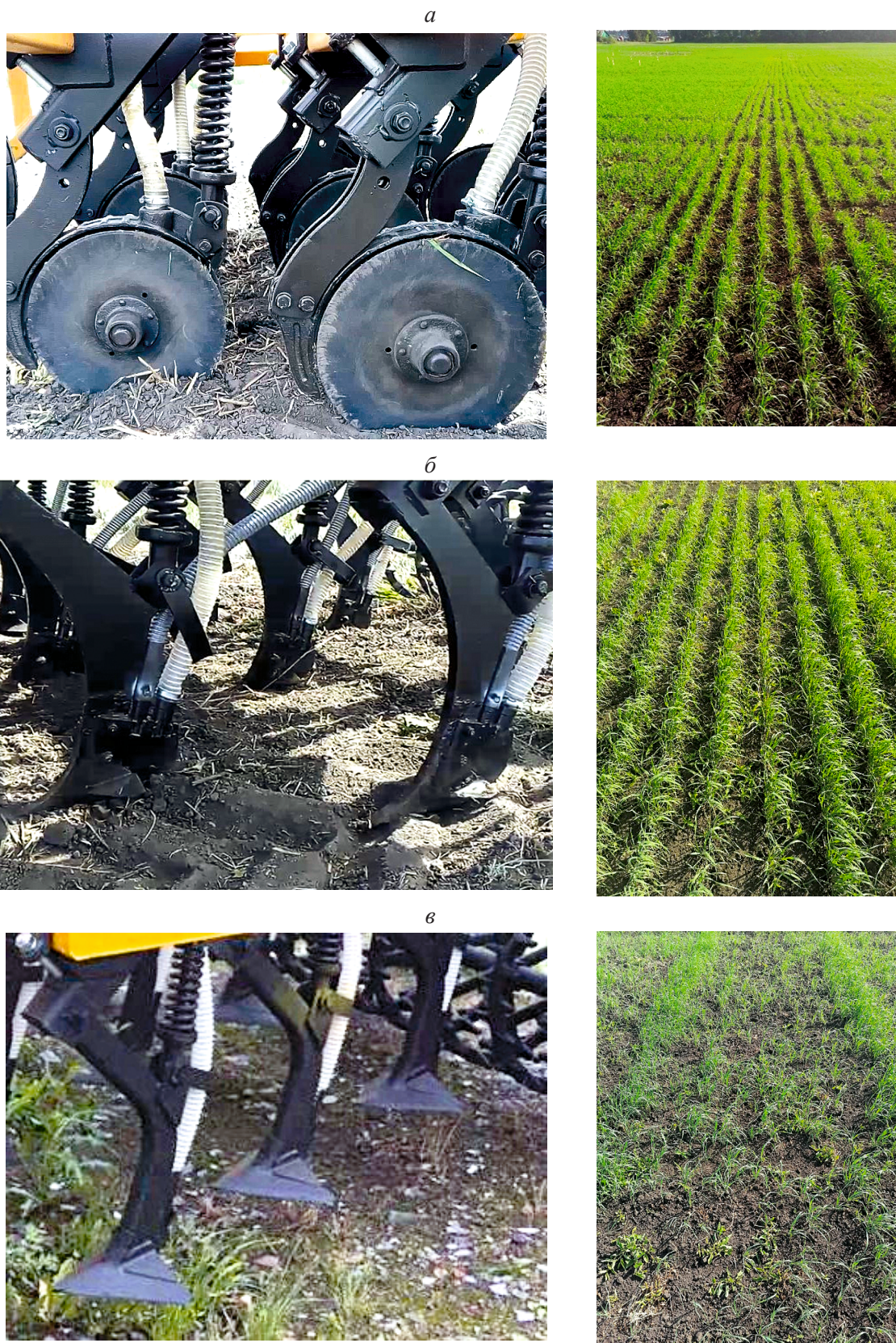


Рис. 2. Общий вид исследуемых сошниковых групп с результатами всходов:

a – двухдисковые сошники сеялки СДС-2,1; *б* – сошники для разноуровневого посева и внесения минеральных удобрений сеялки СКП-2,1К; *в* – серийные лаповые сошники сеялки СКП-2,1 – контроль

Fig. 2. General view of the investigated coulters groups with the results of shoots:

a – double-disc coulters of the SDS-2.1 seeder; *б* – openers for multilevel seeding and application of mineral fertilizers of the SKP-2.1K seeder; *в* – serial tine coulters of the SKP-2.1 seeder – control

Табл. 1. Расчетные показатели сеялок по глубине заделки семян

Table 1. Estimated indicators of seeders by seed placement depth

Показатель	СКП-2,1	СКП-2,1К	СДС-2,1
Средняя глубина заделки, см	5,58	5,89	5,60
Среднеквадратическое отклонение, см	1,13	0,92	0,91
Коэффициент вариации, %	20	13	13

составил 20%, сеялок СКП-2,1К и СДС-2,1, оборудованных соответственно комбинированными и дисковыми сошниками, – 13%, что указывает на лучшую устойчивость хода данных сошников по глубине заделки семян.

Полевую всхожесть растений по каждому типу сошниковых групп определяли после появления полных всходов на участках с площади 1 м². На рис. 3 представлен график зависимости полевой всхожести от типа применяемого сошника и нормы внесения азотных удобрений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что полевая всхожесть на контроле при посеве без удобрения на серийных лаповых сошниках составила 52,7%, комбинированных сошниках – 63,6%, дисковых – 61,5%. Наибольшая полевая всхожесть (72,7%) получена при внесении аммиачной селитры нормой 150 кг/га в варианте с комбинированными сошниками. На дисковых сошниках при той же норме – 71,0%.

На рис. 4 изображен общий вид опытного участка перед уборкой и процесс уборки учетных делянок селекционным комбайном Wintersteiger.

До начала процесса уборки с каждой учетной делянки производили сбор снопов для последующего проведения структурного анализа. В табл. 2 приведены значения полученной урожайности зерна яровой пшеницы при уборке селекционным комбайном Wintersteiger, а также по результатам обмола собранного снопового материала в лаборатории на селекционной молотилке.

На рис. 5 представлен график зависимости урожайности зерна яровой пшеницы Омская 36 от типа сошника и нормы внесения азотных удобрений после обмола учетных делянок селекционным комбайном Wintersteiger.

Анализ результатов урожайности показывает, что прибавка зерна зависит от способа внесения удобрений и их нормы. Наиболь-

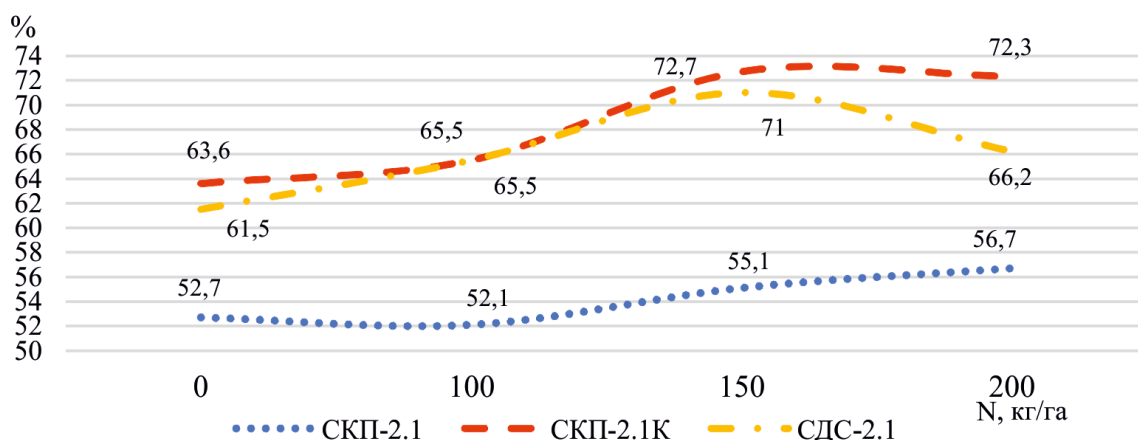


Рис. 3. Полевая всхожесть семян яровой пшеницы в зависимости от типа сошника и нормы внесения удобрений, %

Fig. 3. Field germination of spring wheat seeds depending on the coulter type and the fertilizer application rate, %



Рис. 4. Общий вид опытного участка и процесс уборки учетных делянок

Fig. 4. General view of the experimental plot and the process of harvesting of the registration plots

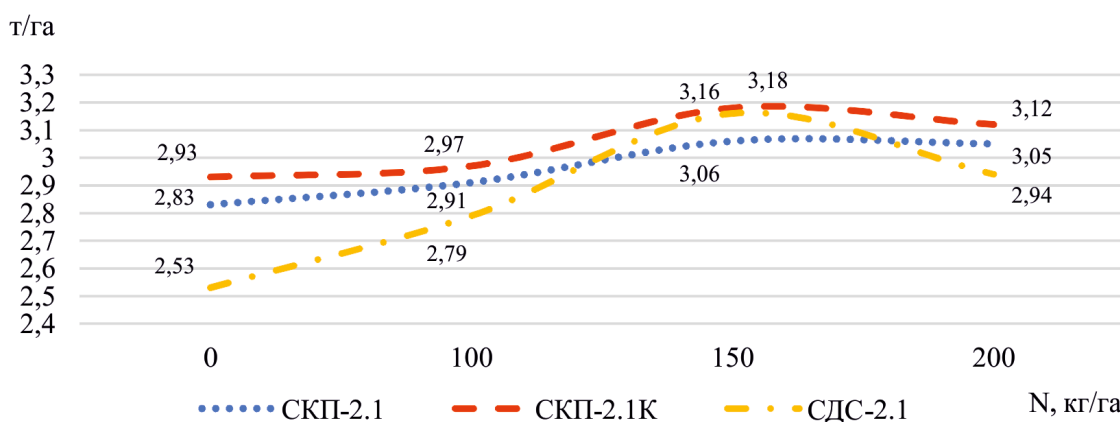


Рис. 5. Урожайность зерна при уборке комбайном в зависимости от типа сошника и нормы внесения удобрений, т/га

Fig. 5. Grain yield depending on the coulter type and the fertilizer application rate, t/ha

Табл. 2. Количество клейковины по каждому из вариантов, %

Table. 2. The amount of gluten for each of the options, %

Вариант	Количество клейковины
СКП-2,1 (контроль)	31,2
СКП-2,1 + 100 кг/га удобрения	30,1
СКП-2,1 + 150 кг/га удобрения	34,6
СКП-2,1 + 200 кг/га удобрения	37,0
СКП-2,1К	31,2
СКП-2,1К + 100 кг/га удобрения	31,0
СКП-2,1К + 150 кг/га удобрения	36,1
СКП-2,1К + 200 кг/га удобрения	38,0
СДС-2.1	32,0
СДС-2.1 + 100 кг/га удобрения	30,0
СДС-2.1 + 150 кг/га удобрения	35,1
СДС-2.1 + 200 кг/га удобрения	36,5

шая урожайность (3,18 т/га) получена при посеве сеялкой СКП-2,1К с комбинированными сошниками при внесении 150 кг аммиачной селитры /га. При посеве дисковым сошником при той же норме урожайность составила 3,16 т/га. В сравнении с контролем при той же норме эти значения выше на 3%.

После проведения уборки с каждого из вариантов опыта собирали зерновой материал для проведения оценки качества зерна в лаборатории качества зерна Омского АНЦ. В табл. 2 приведены качественные показатели зерна мягкой яровой пшеницы – клейковины.

Содержание сырой клейковины при посеве СКП-2,1(контроль) составило 31,2%, при посеве сеялкой СКП-2,1К, оборудованной комбинированными сошниками для разноровневого посева и внесения азотных удобрений, – 34,1%, при посеве сеялками с двухдисковыми сошниками – 33,4% (см. табл. 2). Максимальные значения содержания сырой клейковины получены по всем вариантам посева с внесением аммиачной селитры в физическом весе 200 кг/га и составили соответственно от типа сошника и способа внесения 37,0% (контроль), 38,0 (разноглубинная обработка) и 36,5% (посев дисковыми рабочими органами).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительные испытания различных типов сошников на базе серийной сеялки СКП-2,1 согласно разработанной схеме опыта показали, что по глубине заделки семян яровой пшеницы наилучшие показатели обеспечивают комбинированные и дисковые рабочие органы.

Наибольшая полевая всхожесть (72,7%) получена при посеве комбинированными сошниками при внесении аммиачной селитры нормой 150 кг/га, при посеве дисковыми сошниками при той же норме – 71,0%, серийным лаповым сошником – 55,1%. Наибольшая урожайность (3,18 т/га) получена при посеве сеялкой СКП-2,1К с комбинированными сошниками при внесении 150 кг аммиачной селитры/га. При той же норме внесения удобрений урожайность при посеве

дисковыми сошниками составила 3,16 т/га. Максимальное содержание сырой клейковины получено по всем вариантам посева (контроль, комбинированный, дисковые сошники) при внесении аммиачной селитры в физическом весе 200 кг/га и составило 37,0; 38,0; 36,5% соответственно от типа сошника и способа внесения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система адаптивного земледелия Омской области: монография. Омск: Издательство ИП Макшеевой Е.А., 2020. 522 с.
2. Тю Л.В., Афанасьев Е.В., Быков А.А., Алеценко О.А. Экономическая эффективность и перспективы развития зернового производства в Сибири // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 1. С. 28–32.
3. Visser O., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the Emerging Global 'Breadbasket'? Re-cultivation, Agrohholdings and Grain Production // Europe-Asia Studies. 2014. Vol. 66. N 10. P. 1589–1610. DOI: 10.1080/09668136.2014.967569.
4. Matvejenko D., Komarov A., Lekomtsev P., Nugis E. Optimization of options for differential application of nitrogen fertilizers in the precision farming system // Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 31. N 1. P. 41–46. DOI: 10.15159/jas.20.06.
5. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Structure of costs and expenditures in agro technologies of different intensity levels // Journal of Applied Engineering Science. 2017. Vol. 15. N 4. P. 463–466. DOI: 10.5937/jaes15-15455.
6. Shumaev V., Kulikova Ju., Orehov A., Polikanov A. Investigation of the grain seeder opener operation for environmental friendly technologies of crops production // Scientific papers-series a-agronomy. 2020. Vol. 63. N 1. P. 527–532.
7. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Влияние работы комбинированного сошника на качество и урожайность зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 72–77. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-6-72-77.
8. Singh K., Agrawal K., Jat D., Kumar M., Kushwaha H., Shrivastava P., Tripathi H. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application // Indian journal of agricultural sciences. 2016. N 86. P. 250–255.

9. Чекусов М.С., Кем А.А., Демчук Е.В., Шевченко А.П. Влияние способа внесения удобрений и посева на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (37). С. 137–144.
10. Демчук Е.В., Голованов Д.А., Янковский К.А. К вопросам совершенствования технологии посева зерновых культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2016. № 6. С. 45–48.
11. Aduov M., Nukusheva S., Esenalikaspakov E., Kazbekisenov K., Volodya K. Analysing the results of the field tests of an experimental seeder with separate introduction of seeds and fertilizers // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2019. Vol. 9. N 4. P. 589–598. DOI: 10.24247/ijmperdaug201958.
12. Чекусов М.С., Кем А.А., Юшкевич Л.В. Оценка эффективности машинных технологий возделывания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного университета. 2019. № 4. С. 185–192.
13. Aduov M.A., Kapov S.N., Nukusheva S.A., Rakhimzhanov M.R. Components of coulter tractive resistance for subsoil throwing about seeds planting // Life Science Journal. 2014. Vol. 11. N 5s. P. 67–71.
14. Назаров Н.Н., Нестяк В.С., Яковлев Н.С. Влияние конструктивных и режимных параметров анкерного сошника на формирование посевной борозды // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 80–88. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-10.
15. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Комбинированный сошник для посева зерновых культур // Сельский механизатор. 2021. № 3. С. 6–7.
3. Visser O., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the Emerging Global 'Breadbasket'? Re-cultivation, Agroholdings and Grain Production. *Europe-Asia Studies*, 2014, vol. 66, no. 10, pp. 1589–1610. DOI: 10.1080/09668136.2014.967569.
4. Matvejenko D., Komarov A., Lekomtsev P., Nugis E. Optimization of options for differential application of nitrogen fertilizers in the precision farming system. *Journal of Agricultural Science*, 2020, vol. 31, no. 1, pp. 41–46. DOI: 10.15159/jas.20.06.
5. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Structure of costs and expenditures in agro technologies of different intensity levels. *Journal of Applied Engineering Science*, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 463–466. DOI: 10.5937/jaes15-15455.
6. Shumaev V., Kulikova Ju., Orehov A., Polikanov A. Investigation of the grain seeder opener operation for environmental friendly technologies of crops production. *Scientific papers-series a-agronomy*, 2020, vol. 63, no. 1, pp. 527–532.
7. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. The influence of the combined coulter operation on the quality and yield of grain. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2020, no. 6, pp. 72–77. (In Russian). DOI: 10.31992/0321-4443-2020-6-72-77.
8. Singh K., Agrawal K., Jat D., Kumar M., Kushwaha H., Shrivastava P., Tripathi H. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. *Indian journal of agricultural sciences*, 2016, no. 86, pp. 250–255.
9. Chekusov M.S., Kem A.A., Demchuk E.V., Shevchenko A.P. Influence of the method of fertilization and sowing on the yield and grain quality of spring wheat, *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk SAU*, 2020, no. 1 (37), pp. 137–144. (In Russian).
10. Demchuk E.V., Golovanov D.A., Yankovskii K.A. On the issues of improving the technology of sowing grain crop. *Traktory i sel'skokhozyaistvennyye mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2016, no. 6, pp. 45–48. (In Russian).
11. Aduov M., Nukusheva S., Esenalikaspakov E., Kazbekisenov K., Volodya K. Analysing the results of the field tests of an experimental seeder with separate introduction of seeds and fertilizers. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and*

REFERENCES

1. *The system of adaptive farming in the Omsk region*. Omsk, SP Maksheeva E.A. Publ., 2020, 522 p. (In Russian).
2. Tyu L.V., Afanas'ev E.V., Bykov A.A., Aleshchenko O.A. Economic efficiency and prospects for the development of grain production in Siberia. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii = Economy of agricultural and processing enterprises*, 2021, no. 1, pp. 28–32. (In Russian).

- Development*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 589–598. DOI: 10.24247/ijmperdaug201958.
12. Chekusov M.S., Kem A.A., Yushkevich L.V. Evaluation of the effectiveness of machine technologies for the cultivation of spring wheat in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta = Herald of Omsk University*, 2019, no. 4, pp. 185–192. (In Russian).
 13. Aduov M.A., Kapov S.N., Nukusheva S.A., Rakhimzhanov M.R. Components of coulter tractive resistance for subsoil throwing about seeds planting. *Life Science Journal*, 2014, vol. 11, no. 5s, pp. 67–71.
 14. Nazarov, N.N., Nestyak V.S., Yakovlev N.S. Effect of constructive and operating parameters of anchor plowshare on the formation of drill furrow. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 1, pp. 80–88. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-10.
 15. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Combined opener for sowing grain crops. *Sel'skii mekhanizator = Selskiy mechanizator*, 2021, no. 3, pp. 6–7. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чекусов М.С., кандидат технических наук, доцент, директор

✉ **Кем А.А.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом; **адрес для переписки:** Россия, 644012, Омск, Проспект Академика Королева, 26; e-mail: 55asc@bk.ru

Михальцов Е.М., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Шмидт А.Н., младший научный сотрудник, аспирант

Даманский Р.В., ведущий специалист

AUTHOR INFORMATION

Maksim S. Chekusov, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor, Director

✉ **Aleksandr A. Kem**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher, Head of Department; **address:** 26, Akademika Koroleva avenue, Omsk, 644012, Russia; e-mail: 55asc@bk.ru

Evgenij M. Mixal'czov, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Andrej N. Shmidt, Junior Researcher, Postgraduate Student

Roman V. Damanskij, Lead Specialist

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.10.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.01.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022



РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ГЕЛЬМИНТОЗОВ КУР В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

✉ Байрамов С.Ю.

Азербайджанский ветеринарный научно-исследовательский институт

Азербайджан, Баку

✉ e-mail: bayramovs@rambler.ru

Исследования выполнены в частных птицеводческих хозяйствах пяти экономических районов Азербайджанской Республики: Апшеронском, Шеки-Закатальском, Ленкоран-Астаринском, Губа-Хачмазском и Аранском. Установлено, что гельминтокомплекс домашних кур представлен паразитами, относящимися к классам *Nematoda*, включающими четыре вида – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Syngamus trachea*, *Capillaria obsignata*, и *Cestoda*, представленный одним видом *Raillietina tetragona*. Установлено их повсеместное распространение, однако при однородном таксономическом составе в экономических районах зараженность кур возбудителями отдельных гельминтозов варьирует. *Ascaridia galli* и *Heterakis gallinarum* являются доминирующими видами. Инвазированность ими кур максимальна (экстенсивность инвазии 36,8 и 35,5%) и не имеет существенных территориальных различий. Зараженность птицы нематодами *C. obsignata* и ленточными червями *Raillietina tetragona* характеризуется более низкими показателями экстенсивности инвазии и их выраженной вариабельностью в границах районов. Пораженность кур капилляриозом и райетинозом варьирует от 7,1% в Аранском районе до 28,8% в Ленкоран-Астаринском, от 5,4 до 24,8% в Апшеронском и Губа-Хачмазском районах. В среднем по республике она составляет 17,8 и 18,5% соответственно. Возрастные особенности зараженности кур гельминтами характеризуются однотипным таксономическим спектром паразитов и максимальным заражением возбудителями аскаридоза, гетерокидоза, сингамоза, капилляриоза и райетиноза цыплят в возрасте 2,5–5,0 мес с экстенсивностью инвазии соответственно 38,9; 40,8; 21,9; 19,7 и 20,9%. Пораженность взрослой птицы указанными нозоформами значительно ниже – 32,0; 30,8; 15,3; 16,2 и 16,0%.

Ключевые слова: домашние куры, гельминтоз, зараженность, экономические районы Азербайджана

DISTRIBUTION AND AGE DYNAMICS OF CHICKEN HELMINTH INFECTIONS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

✉ Bayramov S.Yu.

Azerbaijan Veterinary Scientific Research Institute

Azerbaijan, Baku

✉ e-mail: bayramovs@rambler.ru

Studies were conducted in private poultry farms in five economic regions of the Republic of Azerbaijan: Apsheronsky, Sheki-Zakatalsky, Lenkoran-Astarasky, Guba-Khachmazsky and Aransky. It was found that helminthocomplex of domestic chickens is represented by parasites belonging to class *Nematoda*, including 4 species - *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Syngamus trachea*, *Capillaria obsignata* and *Cestoda*, represented by one species, *Raillietina tetragona*. Their ubiquitous distribution has been established; however, with a homogeneous taxonomic composition in economic areas, the infestation of chickens with pathogens of individual helminthic diseases varies. *Ascaridia galli* and *Heterakis gallinarum* are the dominant species. Their invasion of hens is maximum (36.8 and 35.5% prevalence) and does not have significant territorial differences. Bird

infestation with nematodes *C. obsoignata* and tapeworms *Raillietina tetragona* is characterized by lower prevalence rates and their pronounced variability within areas. The infestation of chickens with capillariasis and ryetinosi varies from 7.1% in Aransky district to 28.8% in Lenkoran-Astarsky district, from 5.4% to 24.8% in Apsheronsky and Guba-Khachmazsky districts. On average, it is 17.8 and 18.5% in the republic, respectively. Age peculiarities of chickens' helminth infestation are characterized by the same taxonomic spectrum of parasites and maximum infection with the causative agents of ascariasis, heterokidosis, syngamosis, capillariasis and ryetinosi in chickens aged 2.5-5 months with prevalence of 38.9; 40.8; 21.9; 19.7 and 20.9%, respectively. The incidence of these nosofoms in adult birds is much lower and amounts to 32.0; 30.8; 15.3; 16.2 and 16.0%.

Keywords: domestic chicken, helminthosis, infestation, economic regions of Azerbaijan

Для цитирования: Байрамов С.Ю. Распространение и возрастная динамика гельминтозов кур в Азербайджанской Республике // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 100–105. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-11>

For citation: Bayramov S.Yu. Distribution and age dynamics of chicken helminth infections in the Republic of Azerbaijan. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 100–105. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-11>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Аграрные реформы, проводимые в Азербайджанской Республике, привели к созданию промышленных и частных птицеводческих хозяйств различного направления, которые играют важную роль в выращивании продуктивных пород птиц, удовлетворении потребностей населения в качественном мясе и яйцах.

Существуют различные факторы, препятствующие интенсивному развитию птицеводства, производству качественного мяса птицы и яиц, основными из которых являются паразитарные заболевания. Возбудители *A. galli*, *H. gallinarum*, *S. trachea*, *C. obsoignata* и *R. tetragona* – паразиты, которые интенсивно заражают домашних кур. Заражение происходит как в моно-, так и в ассоциативной форме [1–3]. Одна из причин интенсивного заражения домашних кур – высокая контаминация внешней среды пропатогативными формами гельминтов [4–6].

Степень экстенсивности и интенсивности распространения паразитов зависит от возраста птиц, а также факторов внешней среды [7–10].

Цель исследования – изучить распространение гельминтозов у кур и определить возрастную динамику зараженности птицы гельминтами в условиях Азербайджана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-исследовательские работы по изучению зараженности кур гельминтами проведены в 2017–2019 гг. в пяти экономических районах Азербайджана: Апшеронском, Шеки-Закатальском, Ленкоран-Астаринском, Губа-Хачмазском и Аранском.

Исследования проб фекалий осуществляли методом гельминтооувоскопии по Фюллеборну, а также методом последовательных промываний. Всего исследовано 13 976 проб. Методом неполного гельминтологического вскрытия (НПГВ) по К.И. Скрябину исследованы 6728 птиц. Обнаруженных цестод консервировали в 70%-м спирте, нематод – в жидкости Барбагалло.

С целью выявления возрастных особенностей зараженности кур гельминтологические исследования проводили у молодняка в возрасте 2,5–5,0 и 5–7 мес и взрослого поголовья.

По результатам работы подсчитывали следующие показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ) – количество инвазированных особей в популяции птиц, %, интенсивность инвазии (ИИ) – вариабельность численности гельминтов у инвазированной птицы, экз.

Видовую принадлежность гельминтов устанавливали по их морфологическим признакам с использованием определителя [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В птицеводческих хозяйствах Апшеронского, Шеки-Закатальского, Ленкоран-Астаринского, Губа-Хачмазского и Аранского экономических районов гельминты двух классов (нематоды и цестоды) формируют гельминтокомплекс у кур, причем с явным доминированием нематод. Эта обширная группа паразитических червей наиболее разнообразна и представлена четырьмя подотрядами и четырьмя видами: *Ascaridata* (*Ascaridia galli*, Schrank, 1788), *Oxiurata* (*Heterakis gallinarum*, Gmelin, 1790), *Strongylata* (*Syngamus trachea*, Montagu, 1811) и *Trichocephalata* (*Capillaria obsignata*, Madsen, 1945). Ленточные черви (класс *Cestoda*, отряд *Cyclophyllidea*, Braun, 1900) включают один вид – *Raillietina tetragona*, Molin, 1858.

Аскаридиоз, гетерокидоз, сингамоз, капилляриоз и райетиноз имеют повсеместное распространение, однако в границах экономических районов зараженность птицы отдельными видами гельминтов неодинакова.

Доминирующими видами на территории Азербайджана являются два вида нематод – *A. galli* и *H. gallinarum*. Инвазированность ими кур Апшеронского, Шеки-Закатальского, Ленкоран-Астаринского, Губа-Хачмазского и Аранского районов максимальна и не имеет существенных межрайонных отличий. Пораженность птицы аскаридиозом и гетерокидозом соответственно варьирует от 32,6 (ИИ 1–28 экз.) до 41,2% (ИИ 1–188) и от 27,2 (ИИ 1–18) до 39,1% (ИИ 1–30 экз.). В среднем по Азербайджанской Республике данные показатели составляют 36,8 экз. и 35,5% соответственно (см. таблицу). Средняя зараженность птицы другими видами гельминтов, в том числе *S. trachea*, *C. obsignata* и *R. tetragona*, зарегистрирована соответственно на уровне 18,9% (ИИ 1–28 экз.); 17,8 (ИИ 1–33) и 18,5% (1–19 экз.), что в 2 раза ниже, чем возбудителями аскаридиоза и гетерокидоза.

Аналогичная гельминтологическая ситуация сложилась в Аранском и Губа-Хачмазском районах, однако у птицы здесь самые низкие значения экстенсивности инвазии

C. obsignata – 7,1% (ИИ 1–32 экз.) и 13,8% (ИИ 1–14 экз.) соответственно.

Минимальные показатели пораженности домашней курицы сингамозом, капилляриозом и райетинозом выявлены на территории Апшеронского района. Инвазированность птицы возбудителями данных гельминтозов составляет соответственно 13,7% (ИИ 1–6 экз.); 15,0% (ИИ 1–7) и 5,4% (ИИ 1–5 экз.), что практически в 2–4 раза ниже, чем в других экономических районах. Эта особенность наиболее характерна для геогельминтов *S. trachea*, *C. obsignata*, развивающихся с участием резервуарных хозяев, и биогельминтов *R. tetragona*, имеющих в своем цикле развития промежуточных хозяев.

Таким образом, гельминтозы кур в Азербайджанской Республике имеют повсеместное распространение. Видовой состав гельминтокомплекса в экономических районах однороден и представлен четырьмя видами нематод и одним видом цестод с явным доминированием *A. galli* и *H. gallinarum*, имеющих наиболее высокие и близкие по значению показатели ЭИ. Вариабельность зараженности птицы некоторыми видами гельминтов обусловлена неоднородностью климатических условий, вертикальной зональностью и формированием характерных для них экосистем, определяющих распределение биотопов промежуточных и резервуарных хозяев и плотность их популяций.

Существенный интерес представляют знания возрастной динамики зараженности кур, по которой можно судить как о характере эпизоотического процесса, так и в последствиях воздействия антропогенного пресса. Результаты исследований свидетельствуют об инвазированности птицы всех половозрастных групп (см. таблицу). Максимальная пораженность всеми нозоформами зарегистрирована у цыплят в возрасте 2,5–5,0 мес. Их инвазированность нематодами *A. galli*, *H. gallinarum*, *S. trachea* и *C. obsignata*, а также цестодами *R. tetragona* составляет соответственно 38,9; 40,8; 21,9; 19,7 и 20,9%. С возрастом зараженность птиц гельминтами постепенно снижается. Минимальные значения ЭИ у взрослой птицы составляют 32,0; 30,8; 15,3; 16,2 и 16,0%.

Зараженность кур различных возрастных групп гельминтами в некоторых экономических районах Азербайджана
Infection of chickens of different age groups with helminths in some economic areas of Azerbaijan

Возраст птицы, мес	Исследо- вано проб фекалий	Исследо- вано методом НПТВ, гол.	Заражено									
			<i>A. galli</i>		<i>H. gallinarius</i>		<i>S. trachea</i>		<i>C. obsoignata</i>		<i>R. tetragona</i>	
			ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.
<i>Аниеронский район</i>												
2,5–4,0	540	90	34,8	1–12	36,2	1–15	16,3	1–4	17,2	2–7	6,8	2–3
5–7	670	70	38,6	1–24	23,8	1–13	13,6	1–6	14,3	1–5	5,5	1–5
Взрослое поголовье	475	55	24,4	1–15	21,7	1–18	10,7	2–4	13,6	1–6	4,0	1–3
Всего	1685	215	32,6	1–28	27,2	1–18	13,7	1–6	15,0	1–7	5,4	1–5
<i>Шеки-Закавказский район</i>												
3–5	847	440	46,5	1–27	43,3	1–27	23,7	1–4	27,0	1–14	20,4	1–10
6–8	678	536	40,0	1–22	38,6	1–23	22,3	1–9	24,9	1–17	21,5	1–11
Взрослое поголовье	781	542	33,6	2–28	33,9	2–30	19,8	1–7	21,2	1–19	16,7	1–12
Всего	2306	1518	40,0	1–28	38,6	1–30	21,9	1–9	24,4	1–19	19,5	1–12
<i>Ленкоран-Астаринский район</i>												
2–4	611	83	44,1	1–87	36,0	2–67	22,5	1–28	30,9	4–33	24,4	2–13
6–8	465	85	40,3	1–62	36,2	2–75	18,1	1–21	27,8	1–23	19,5	1–9
Старше 8 мес	360	75	34,9	4–69	30,3	1–91	19,4	1–16	27,7	1–18	18,4	1–5
Всего	1436	243	39,8	1–87	34,2	1–91	20,0	1–28	28,8	1–33	20,8	1–13
<i>Губа-Хачмазский район</i>												
2,5–5,0	1090	490	48,2	1–19	45,8	1–30	26,4	1–9	15,1	1–13	30,1	1–11
5–8	1297	459	38,9	1–28	36,9	1–23	21,3	1–19	14,6	1–12	21,7	2–8
Взрослое поголовье	1225	386	36,4	1–881	34,5	1–24	15,2	1–9	11,6	1–14	22,6	1–7
Всего	3612	1335	41,2	1–881	39,1	1–30	20,9	1–19	13,8	1–14	24,8	1–11
<i>Аранский район</i>												
3–5	1562	1282	48,5	1–97	43,1	1–97	20,9	1–27	8,4	2–32	23,1	1–17
6–8	1888	1141	39,8	1–113	38,4	1–53	18,6	1–18	5,9	1–24	24,5	2–13
Взрослое поголовье	1487	994	30,5	1–87	33,8	1–46	11,2	1–22	7,1	1–19	18,4	1–19
Всего	4937	3417	39,0	1–113	38,4	1–97	16,9	1–27	7,1	1–32	22,0	1–19
<i>По Азербайджанской Республике</i>												
2,5–5,0	4650	2385	38,9	1–97	40,8	1–97	21,9	1–28	19,7	1–33	20,9	1–17
5–8	4998	2291	39,5	1–113	34,8	1–75	18,8	1–21	17,5	1–24	18,5	1–13
Взрослое поголовье	4328	2052	32,0	1–881	30,8	1–91	15,3	1–22	16,2	1–19	16,0	1–19
Всего	13976	6728	36,8	1–881	35,5	1–97	18,9	1–28	17,8	1–33	18,5	1–19

ВЫВОДЫ

1. В птицеводческих хозяйствах Азербайджана гельминтокомплекс домашней курицы представлен паразитами двух классов: *Nematoda*, включающего четыре подотряда и четыре вида паразитических многоклеточных, – *Ascaridata* (*Ascaridia galli*), *Oxiurata* (*Heterakis gallinarum*), *Strongylata* (*Syngamus trachea*) и *Trichocephalata* (*Capillaria obsignata*) – и *Cestoda* отряда *Cyclophyllidea*, вида *Raillietina tetragona*. Таксономический состав гельминтокомплекса домашних кур в экономических районах характеризуется относительной стабильностью.

2. Гельминтозы кур в условиях Азербайджана имеют повсеместное распространение, однако зараженность птицы отдельными видами гельминтов варьирует. Зараженность птицы аскаридозом и гетерокидозом в экономических районах максимальна и не имеет существенных различий, зараженность другими видами в несколько раз ниже. Минимальна инвазированность кур *C. obsignata* в Апшеронском, Губа-Хачмазском и Аранском районах, зараженность *R. tetragona* в четырех экономических районах республики составляет 15,0; 13,8; 7,1 и 5,4% соответственно.

3. Возрастная динамика зараженности кур характеризуется максимальным заражением молодняка птицы гельминтами *A. galli*, *H. gallinarum*, *S. trachea*, *C. obsignata* и *R. tetragona*. Инвазированность взрослого поголовья указанными возбудителями гельминтозов снижается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байрамов С.Ю., Гасанов А.С., Андриянов К.В. Степень зараженности домашних кур гельминтами в различных климатических зонах Азербайджана // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. 2021. Т. 247 (3). С. 21–26.
2. Лутфулина Н.А., Шабалина Е.В., Гиззатуллин Р.Р. Паразитологическая ситуация в птицеводческих хозяйствах РФ // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. 2010. Т. 201. С. 70–74.

3. Mohamme O.B., Hussein H.S., Elowni E.E. The ant, *Pachycondyla sennaarensis* (Mayr) as an intermediate host for the poultry cestode, *Raillietina tetragona* (Molin) // Veterinary Research Communie. 1998. Vol. 12. N 4–5. P. 325–327.
4. Долбин Д.А., Хайруллин Р.З. Устойчивость яиц гельминтов к неблагоприятным физическим, химическим и биологическим факторам окружающей среды // Российский паразитологический журнал. 2017. Т. 39, Вып. 1. С. 14–19.
5. Жемухова О.А., Мизова Ф.А., Биттиров И.А. Биоразнообразие фауны гельминтов и простейших у диких водных птиц Северного Кавказа // Ветеринария. 2018. № 4. С. 37–39.
6. Сафронов А.М., Луцук С.Н. Влияние рациона на клинико-гематологические показатели кур при маллофагозе // Ветеринария. 2018. № 7. С. 36–38.
7. Енгашева Е.С., Околелова Т.М., Салгереев С.М. Применение препаратов, повышающих продуктивность птицы при производстве экологически безопасной продукции // Ветеринария. 2019. № 9. С. 46–50.
8. Мамедова С.А. Ассоциативное заражение домашней птицы в Азербайджане // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 27–29.
9. Насибова Г.Р. Гельминтозы индеек и их сезонная динамика // Bulletin of science and practice. 2020. Vol. 6. N 11. С. 147–153.
10. Sharma R.K., Singh K. Effect of parbendazole and piperazine adipate on the activity of some enzymes of *Ascaridia galli* and *Heterakis gallinae* // Veterinary Parasitology. 1987. Vol. 24. N 314. P. 211–220.
11. Рыжиков К.М., Черткова А.Н. Определитель гельминтов куриных птиц: монография. М.: Наука, 1968. 258 с.

REFERENCES

1. Bairamov S.Yu., Gasanov A.S., Andriyanov K.V. Rate of infection of domestic chickens with helminths in different climatic zones of Azerbaijan. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny* = *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2021, vol. 247 (3), pp. 21–26. (In Russian).
2. Lutfulina, N.A., Shabalina, E.V., Gizzatullin R.R. Parasitologic situation on poultry farms of the Russian Federation. *Uchenye za-*

- piski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny = *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2010, vol. 201, pp. 70–74. (In Russian).
3. Mohammed O.B., Hussein H.S., Elowni E.E. The ant, *Pachycondyla senaarensis* (Mayr) as an intermediate host for the poultry cestode, *Raillietina tetragona* (Molin). *Veterinary Research Communie*, 1998, vol. 12, no. 4–5, pp. 325–327.
 4. Dolbin D.A., Khairullin R.Z. Resistance of helminth eggs to unfavourable physical, chemical and biological factors of the environment. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2017, vol. 39, release 1, pp. 14–19. (In Russian).
 5. Zhemukhova O.A., Mizova F.A., Bittirov I.A. Biodiversity of helminth fauna and protozoa in wild water birds of the northern Caucasus. *Veterinariya = Veterinary medicine*, 2018, no. 4, pp. 37–39. (In Russian).
 6. Safronov A.M., Lutsuk S.N. Influence of diet on clinical and hematological parameters of chickens with malophagosis. *Veterinariya = Veterinary medicine*, 2018, no. 7, pp. 36–38. (In Russian).
 7. Engasheva E.S., Okolelova T.M., Salgerev S.M. Application of preparations that increase the productivity of poultry in the production of environmentally safe products. *Veterinariya = Veterinary medicine*, 2019, no. 9, pp. 46–50. (In Russian).
 8. Mamedova S.A. Associative infestation of poultry in Azerbaijan. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2016, no. 4, pp. 27–29. (In Russian).
 9. Nasibova G.R. Gel'mintozy indeek i ikh sezonnaya dinamika. *Bulletin of science and practice*, 2020, vol. 6, no. 11, pp. 147–153.
 10. Sharma R.K., Singh K. Effect of parbendazole and piperazine adipate on the activity of some enzymes of *Ascaridia galli* and *Heterakis gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 1987, vol. 24, no. 314, pp. 211–220.
 11. Ryzhikov K.M., Chertkova A.N. *Identifier of helminths of chickens*. Moscow, Nauka Publ., 1968. 258 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Байрамов С.Ю.**, кандидат ветеринарных наук, доцент, заместитель директора; **адрес для переписки:** Азербайджан, Баку, пос. Боюк Шор, 8-я Поперечная, 1; e-mail: bayramovs@rambler.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Sahman Yu. Bayramov**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor, Deputy Director; **address:** 1, 8-th Poperechnaya St, Boyuk Shor, Baku, Azerbaijan; e-mail: bayramovs@rambler.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.11.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022

ОЦЕНКА БИОЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И БИОЭЛЕМЕНТОВ В ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЕ

✉ Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А.

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Витебск, Республика Беларусь

✉ e-mail: krasochko@mail.ru

Представлены результаты исследования биоцидных свойств наночастиц серебра, меди и диоксида кремния. Рассмотрены вопросы о безопасности использования наноконпонентов в связи с неизученным воздействием их на экологию. Для оценки биоцидного действия наночастиц благородных металлов и биоэлементов использована одноклеточная эукариотическая тест-система, представляющая собой реснитчатый протистный микроорганизм *Paramecium caudatum*, обитающий в прудовых водоемах. Установлено, что растворы наночастиц благородных металлов и биоэлементов не являются биоинертными и биостимулирующими. Коллоидные растворы наночастиц серебра, меди и кремния диоксида имеют биоцидное воздействие, проявляют схожий дозозависимый эффект при наличии одинаковых концентраций наночастиц в исходных коллоидных растворах (300 мкг/мл). Коллоидный раствор серебра характеризуется более выраженной токсической активностью в одноклеточной протистной биологической модели, так как полная биоцидность в отношении парамеций обеспечивается разведениями коллоидного раствора наночастиц до значения 1 : 6 от исходного. По сравнению с ним у растворов наночастиц меди и оксида кремния показатель биоцидности 100% достигается только в значениях двух- и трехкратного разведения исходного раствора. Коллоидные растворы наночастиц в концентрациях, не вызывающих полной гибели инфузорий (1 : 5 от исходной для наночастиц меди и оксида кремния и 1 : 7 от исходной для наночастиц серебра), угнетают интенсивность их размножения приблизительно на одинаковую величину в 55–61% (индекс интенсивности размножения парамеций от 0,455 до 0,390 соответственно).

Ключевые слова: наночастицы серебра, наночастицы меди, наночастицы кремния диоксида, биоцидность, инфузория-туфелька, *Paramecium caudatum*

ESTIMATION OF BIOCIDAL EFFECT OF METAL AND BIOELEMENT NANOPARTICLES IN A UNICELLULAR EUKARYOTIC TEST SYSTEM

✉ Krasochko P.A., Korochkin R.B., Ponaskov M.A.

Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine

Vitebsk, Republic of Belarus

✉ e-mail: krasochko@mail.ru

The results of the study of biocidal properties of silver, copper and silicon dioxide nanoparticles are presented. Questions about the safety of nanocomponents in connection with their unstudied impact on the environment are considered. To evaluate the biocidal effect of noble metal nanoparticles and bioelements, a unicellular eukaryotic test-system, represented by a ciliated protist microorganism *Paramecium caudatum* inhabiting pond water bodies, was used. It was found that solutions of noble metal nanoparticles and bioelements are not bioinert and biostimulating. Colloidal solutions of silver, copper and silicon dioxide nanoparticles have a biocidal effect and show a similar dose-dependent effect if the concentration of nanoparticles in the initial colloidal solutions is the same (300 µg/ml). The colloidal silver solution is characterized by a more pronounced toxic activity in a unicellular protist biological model, since full biocidal activity against paramecium is provided by dilutions of the colloidal solution of nanoparticles to the value 1: 6 of the initial one. Compared to it, solutions of copper nanoparticles and silicon oxide have a biocidal index of 100% achieved only in values of two- or three-times dilution of the initial solution. Colloidal solutions of nanoparticles in concentrations that do not cause complete mortality of the infusoria (1: 5 of the original for copper and silicon oxide nanoparticles and 1: 7 of the original for silver nanoparticles) inhibit their

reproduction intensity by approximately the same value of 55-61% (paramecium reproduction intensity index of 0.455 to 0.390 respectively).

Keywords: silver nanoparticles, copper nanoparticles, silicon dioxide nanoparticles, biocidal activity, ciliates, *Paramecium caudatum*

Для цитирования: Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А. Оценка биоцидного действия наночастиц металлов и биоэлементов в одноклеточной эукариотической тест-системе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 106–113. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-12>

For citation: Krasochko P.A., Korochkin R.B., Ponaskov M.A. Estimation of biocidal effect of metal and bioelement nanoparticles in a unicellular eukaryotic test system. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 106–113. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнологии значительно расширили сферы использования материалов на основе нанокomпонентов, что неминуемо приводит к их воздействию на экологию. До настоящего времени остаются неизученными вопросы влияния наночастиц на объекты биосферы, так как многие вещества могут приобретать биологическую активность в случае их применения в виде наночастиц [1, 2]. Исследования обитающих в воде эукариот показали, что нанокomпоненты могут нарушать водные экосистемы [3].

В ранних работах оценка экотоксического действия ксенобиотических веществ проводилась на многоклеточных тест-объектах, таких как насекомые, рыбы и даже грызуны [4]. Тем не менее, наиболее подходящей тест-системой для оценки экотоксического действия следует признать протистные организмы. Особенно это касается водных сред [5], так как простейшие являются естественными водными обитателями. Простейшие отличаются высоким потенциалом биоадаптации к токсикантам, они не требуют создания особых условий содержания.

В настоящее время доступно лишь ограниченное число научных публикаций по оценке биоцидного действия наночастиц в одноклеточной тест-модели [6–8]. Следует признать фактическое отсутствие единой методики токсической оценки наночастиц на одноклеточные эукариоты. Многие авторы зачастую используют собственные адаптации и вариации данной методики.

В наших опытах для изучения эко- и цитотоксического действия коллоидных растворов наночастиц металлов и биоэлементов использована свободноживущая инфузория-туфелька *Paramecium caudatum*. Данный представитель реснитчатых относится к числу высокоорганизованных простейших, представляет собой широко распространенного обитателя пресноводных водоемов. Этот свободноживущий простейший часто используется для оценки токсичности многих природных и искусственных соединений [9]. С одной стороны, этот микроорганизм имеет все структурные признаки клетки, обладает автономностью существования во внешней среде и реагирует на внешние раздражители как самостоятельный организм. С другой стороны, инфузория-туфелька *Paramecium caudatum* не требовательна к условиям культивирования, поэтому при ее использовании можно получать большой объем лабораторных данных [10].

В качестве тестируемых нановеществ использованы три типа наночастиц: серебра, меди и диоксида кремния. Первый из них относится к категории благородных металлов, остальные – к классу биоэлементов. Данный выбор определялся относительно широким их использованием в ветеринарной и медицинской практике. Кроме того, такой набор нановеществ наиболее широко отражает различные классы тестируемых нанокomпонентов: серебро является благородным металлом, медь представляет собой биометалл, диоксид кремния является био-

элементом из числа неметаллов. Экоотоксичность их наноразмерных форм ранее не изучалась, хотя исследовались их биоцидные свойства [6, 11].

Цель исследования – оценить биоцидные свойства наночастиц серебра, меди и диоксида кремния на одноклеточном эукариотическом тест-объекте *Paramecium caudatum*.

Задачи исследования: провести экспресс-оценку биологической активности коллоидных растворов наночастиц металлов и биоэлементов, определить биологическое воздействие тестируемых коллоидных растворов наночастиц на резистентность парамеций к отрицательным внешним воздействиям, оценить их экоотоксичность по интенсивности подавления размножения парамеций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Оценку биоцидного действия коллоидных растворов наночастиц серебра, меди и диоксида кремния на свободноживущей инфузорию-туфельку *Paramecium caudatum* проводили согласно методическим рекомендациям¹. Культивирование парамеций осуществляли в среде Лозина-Лозинского (рН 6,2–7,8) и при температуре 20–26 °С (контрольная среда). В качестве корма для тест-объекта служили дрожжи *Rhodotorula gracilis* с добавлением зерен риса.

В опытах оценивали интегрированное действие различных нановеществ на живую протистную клетку, поэтому исследования включали три этапа. На первом этапе проводили экспресс-оценку биологической активности коллоидных растворов наночастиц серебра, меди и диоксида кремния. Все коллоиды имели исходную концентрацию наночастиц около 300 мкг/мл.

В 54 пробирки наливали по 4,2 мл культуры инфузорий *Paramecium caudatum*, находящейся в стационарной фазе роста. В качестве контроля использовали известный бактерицид (норфлоксацин) и адаптоген (элеутерококк). В первую пробирку добавляли одинаковые объемы коллоидных рас-

творов наночастиц, после чего производили перемешивание и получали двукратное разведение их раствора (1 : 2). Для математической записи и последующей статистической обработки использовали запись в формате $1 \times n^{-1}$, где n означает степень разведения, то есть представляет собой знаменатель в абсолютном выражении (например, 1×2^{-1} для разведения 1 : 2). Дальнейшим добавлением растворителя (дистиллированной воды) получали разведения наночастиц 1 : 3; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 6 и 1 : 7, или в нашей математической записи от 1×3^{-1} до 1×7^{-1} . После этого пробирки помещали на 24 ч в термостат при температуре 22 °С. Содержимое из каждой пробирки в количестве 0,1 мл переносили в микроаквариумы для микроскопической оценки. При микроскопии количество парамеций было не менее 100.

Оценку состояния протистных микроорганизмов проводили по следующим показателям: ПН – индифферентность (у инфузорий заметно равномерное броуновское движение, не различимое с таковым в контроле); БА – биоактивность (увеличение интенсивности движения инфузорий); БЦ₅₀ – биоцидность (гибель около половины ($50 \pm 5\%$) популяции инфузорий); БЦ₁₀₀ – биоцидность (гибель практически всей ($90 \pm 10\%$) популяции инфузорий); причем в контрольных образцах должно быть не менее 100 инфузорий, совершающих равномерное броуновское движение.

На следующем этапе определяли биологическую активность тестируемых коллоидных растворов наночастиц методом токсической нагрузки после воздействия сверхгипертонического (с десятикратным превышением значения изотоничности) раствора натрия хлорида (8%). С этой целью использовали четыре пробирки с 1 мл контрольной культуры парамеций, куда добавляли 0,3 мл 8%-го раствора натрия хлорида, вызывающего гибель всех инфузорий в течение 5 мин. Учет гибели парамеций проводили в микроаквариумах под световым микроско-

¹Шабунин С.В. Скрининг биостимулирующих и биоцидных веществ (адаптогены, бактерициды и другие препараты): методические рекомендации. М.; Воронеж: Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, 2006. 51 с.

пом с использованием минутного таймера в секундных выражениях. Затем провели аналогичный опыт с культурами парameций первого этапа (после суточной экспозиции наночастиц). Для получения достоверных данных опыта проводили несколько наблюдений.

Расчет индекса биологической активности (ИБА) проводили по формуле

$$\text{ИБА} = \frac{\text{ТО}}{\text{ТК}}, \quad (1)$$

где ИБА – индекс биологической активности исследуемого вещества; ТО – продолжительность жизни (в секундах) инфузорий-туфелек под действием 0,3 мл 8%-го раствора натрия хлорида после их инкубации в течение 24 ч в среде Лозина-Лозинского с исследуемой концентрацией исследуемого нановещества; ТК – продолжительность жизни (в секундах) парameций под действием 0,3 мл 8%-го раствора натрия хлорида после инкубации в течение 24 ч в контрольной среде (среде Лозина-Лозинского).

После расчета показателя ИБА проводили ее оценку. При значении ИБА, равной $1,000 \pm 0,1000$, нановещество нами признавалось биоинертным. Показатель индекса биологической активности выше $1,000 \pm 0,1000$ указывал на положительное влияние тестируемого вещества на сопротивляемость парameций к гипертоническому шоку. Показатель индекса биологической активности менее $1,000 \pm 0,1000$ указывал на отрицательное воздействие тестируемого вещества на жизнеспособность парameций.

На последнем этапе исследований проведена оценка биологической активности коллоидных растворов наночастиц серебра, меди и диоксида кремния по интенсивности размножения парameций после воздействия сублетальных (незначительно ниже летальных) концентраций наночастиц. Для этого использовали культуру парameций в активной фазе роста после контакта с исследуемым коллоидным раствором нановещества. В начале опыта устанавливали плотность инокулята (количество парameций в 1 мл среды). Для этого определяли количество клеток инфузорий в 1 мл культуры: к

1 мл парameций добавляли 20 микролитров 5%-го спиртового раствора йода. Затем содержимое перемешивали, помещали в камеру Фукса-Розенталя, производили подсчет количества парameций в 10 квадратах, определяя среднее количество клеток в одном квадрате. Объем одного квадрата составлял одну десятитысячную миллилитра.

После выдерживания пробирок в термостате при температуре 22 °С в течение 72 ч в каждой определяли плотность инокулята.

Расчеты проводили по формуле

$$\text{ИИР} = \frac{\text{ПНОК} \times \text{ПИКИ}}{\text{ПИКК} \times \text{ПИОН}}, \quad (2)$$

где ИИР – индекс интенсивности размножения парameций; ПНОК – плотность инокулята в опыте после 72 ч инкубации; ПИКИ – плотность инокулята в контроле перед инкубацией; ПИКК – плотность инокулята в контроле после 72 ч инкубации; ПИОН – плотность инокулята в опыте перед инкубацией.

После расчета показателя индекса интенсивности размножения парameций проводили оценку цитотоксичности среды, исходя из следующих значений: при индексе интенсивности размножения парameций $1,000 \pm 0,100$ химическое нановещество признавалось биологически инертным. Показатель индекса интенсивности размножения парameций выше $1,000 \pm 0,100$ свидетельствовал о стимулирующем воздействии нановещества на парameции. При получении значения индекса интенсивности размножения парameций менее $1,000 \pm 0,100$ делали вывод об угнетении химическим нановеществом размножения парameций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований по оценке токсического действия коллоидных растворов наночастиц металлов и биоэлементов первоначально получены качественные результаты (см. табл. 1). Они оценивались по характеристикам броуновского движения парameций, а токсическое действие препарата выражалось в замедлении движения протист, причем с удлинением экспозиции ингибция возрастала, однако окончательную

Табл. 1. Дозозависимое действие нановеществ на парамеций при экспозиции 24 ч (по критерию «концентрация – эффект»)

Table 1. Dose-dependent effect of nano-substances on parameciums at 24 h exposure («concentration-effect» criterion)

Исследуемое вещество	Биоцидность в разведениях $1 \times n^{-1}$					
	n					
	2	3	4	5	6	7
Контроль	–	–	–	–	–	–
Элеутерококк	–	–	–	–	–	–
Норфлоксацин	+	+	±	±	±	±
Наночастицы серебра	+	+	+	+	+	±
Наночастицы меди	+	+	±	±	–	–
Наночастицы диоксида кремния	+	+	±	±	±	–

Примечание. Тире – биоцидность отсутствует (ПН); «±» – биоцидность до 50% (менее $БЦ_{50}$); «+» – биоцидность 100% (около $БЦ_{100}$).

оценку токсичности проводили спустя 24 ч воздействия тестируемого вещества.

По результатам исследований установлено, что все тестируемые коллоидные растворы наночастиц имеют различающуюся биоцидную активность: все тестируемые образцы наночастиц демонстрировали высокий уровень биоцидности при минимальном разведении (1 : 2), определяемый по состоянию активности инфузорий. У наночастиц серебра уровень биоцидности отмечен значительно выше по сравнению с наночастицами биоэлементов (меди и кремния диоксида). Разведения раствора наночастиц серебра 1 : 2–1 : 6 однозначно демонстрировали высокое биоугнетающее действие в отношении инфузорий, только в последнем разведении (1 : 7) биоцидность падала ниже показателя $БЦ_{50}$.

Растворы наночастиц меди вызывали полную гибель инфузорий только в небольших разведениях (1 : 2–1 : 3), по мере увеличения разведения биоактивность резко снижалась. Наночастицы диоксида кремния имели сравнимую биоцидность, так как гибель парамеций отмечалась в аналогичных высоких концентрациях нановеществ (разведения 1 : 2–1 : 3). Известный биоцид норфлоксацин имел сравнимую цитотоксич-

Табл. 2. Влияние нановеществ на резистентность парамеций (по критерию «концентрация – сопротивляемость токсической нагрузке»)

Table 2. Effect of nano-substances on the resistance of parameciums (according to the "concentration-resistance to toxic load" criterion)

Исследуемое вещество	Индекс биологической активности в разведениях $1 \times n^{-1}$					
	n					
	2	3	4	5	6	7
Контроль	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Элеутерококк	1,480	1,560	1,918	1,334	1,016	1,002
Норфлоксацин	–	–	0,698	0,854	0,957	1,000
Наночастицы серебра	–	–	–	–	–	0,499
Наночастицы меди	–	–	0,589	0,655	0,789	0,856
Наночастицы диоксида кремния	–	–	0,455	0,578	0,675	0,745

Примечание. Тире – биоцидное действие.

ность. Растворы наночастиц биоэлементов в наибольшем разведении (1×7^{-1} , или 1 : 7) не оказывали протистоцидного эффекта, в то время как наночастицы серебра при наивысшем разведении все еще не достигали биоинертности (отмечалась гибель инфузорий в значении менее 50%-й популяции).

На втором этапе проведено определение индекса биологической активности тестируемых образцов наночастиц методом токсической нагрузки (после добавления гипертонического раствора натрия хлорида, оказывающего мембраноповреждающее действие), в котором оценивали валеонегативный (снижающий выживаемость и жизнеспособность биоорганизованных систем) эффект. Результаты этих исследований отображены в табл. 2.

Полученные данные свидетельствуют, что из всех используемых в опытах веществ только элеутерококк имеет валеопозитивное действие, так как он способствует повышению сопротивляемости клеток парамеций к токсическому воздействию сверхгипертонической среды (8%-й раствор натрия хлорида): значение индекса биологической активности препарата составляло значение выше 1,000 (от 1,002 до 1,918), причем наибольшее биостимулирующее действие на

парамеции он проявлял в разведении 1 : 4. В опыте показатель ИБА выше единицы указывает на увеличение продолжительности жизни клеток парамеций под влиянием препарата и выражается в значениях более 100%-й защитной активности. Данный результат вполне ожидаем, так как элеутерококк является известным адаптогеном. Концепция адаптогена, впервые предложенная советскими учеными в конце 1950-х годов, утверждает, что адаптоген – это любое вещество, которое оказывает воздействие на биологический объект, корректируя любую его дисфункцию и не вызывая нежелательных побочных эффектов. Адаптогенсодержащее растение *Eleutherococcus senticosus*, называемое также «сибирским женьшенем», содержит большое число химических веществ, которые оказывают защитное и/или ингибирующее действие против свободных радикалов, причем перечень таких веществ, содержащихся в элеутерококке, не до конца определен [12].

Остальные тестируемые компоненты, включая известное биоцидное вещество норфлоксацин вместе с коллоидными растворами наночастиц, имели сильное биоугнетающее действие (значение индекса биологической активности ниже 1,000). Значения ИБА свидетельствуют, что наночастицы имеют более выраженное негативное воздействие на резистентность парамеций, так как коэффициент повышения выносливости инфузорий после их экспозиции был несколько ниже, чем при действии норфлоксацина (см. табл. 2). Объективное сравнение токсичности антибиотика (норфлоксацина) и наночастиц в данном опыте не вполне корректно, так как эти препараты совершенно разных классов и имеют разные показатели выражения их концентраций. Нам удалось оценить воздействие наночастиц серебра на выносливость парамеций только в максимальном разведении их раствора (1 : 7), так как меньшие его значения имели протистотоксичный эффект. При сравнении значений ИБА наночастиц была подтверждена более высокая цитотоксичность наночастиц благородного металла (показатель 0,499) по срав-

нению с наночастицами биоэлементов (меди и кремния) (0,856 и 0,745 соответственно).

На последнем этапе интегрированного биотестирования нановеществ проведена их оценка по показателям индекса интенсивности размножения парамеций. Для этого рассчитаны его значения при добавлении сублетальных концентраций тестируемых веществ. Для всех них принято разведение 1 : 5, так как оно во всех случаях (за исключением наночастиц серебра) превышало на два пункта летальную концентрацию (1 : 3), за исключением адаптогена элеутерококка, у которого фактически таковая отсутствовала. Результаты определения биологической активности изучаемых коллоидных наночастиц в оптимальной сублетальной концентрации по интенсивности размножения парамеций приведены в табл. 3.

Раствор элеутерококка в концентрации 1 : 5 повышает интенсивность деления парамеций почти в 1,6 раза (индекс интенсивности размножения инфузорий 1,589), что вполне объяснимо из ожидаемого адаптогенного эффекта этого компонента (см. табл. 3). Изучаемые биоциды (норфлоксацин и коллоидные растворы наночастиц) в концентрациях, не вызывающих полной гибели инфузорий, угнетали интенсивность их размножения приблизительно на одинаковую величину – 55–61% (индекс интенсивности размножения парамеций от 0,455 до 0,390 соответственно). Все тестируемые на-

Табл. 3. Влияние изучаемых препаратов в сублетальной концентрации на размножение инфузорий

Table 3. Effect of the studied preparations at sublethal concentration on the reproduction of infusoria

Исследуемое вещество	Оптимальная концентрация (разведение $1 \times n^{-1}$)	Индекс интенсивности размножения инфузорий
Контроль	–	1,000
Элеутерококк	5	1,589
Норфлоксацин	5	0,450
Наночастицы серебра	7	0,390
Наночастицы меди	5	0,462
Наночастицы диоксида кремния	5	0,385

ночастицы в сублетальных концентрациях, как минимум, на половину снижают интенсивность размножения протист. Однако объективное сравнение в этом случае возможно лишь в отношении биоэлементов, так как только они биотестировались в одинаковом разведении (1 : 5), в то время как наночастицы серебра изначально отличаются более высокой цитотоксичностью и поэтому были взяты в опыт в большем разведении (1 : 7).

ВЫВОДЫ

1. Биотестирование наночастиц металлов и биоэлементов надежно и качественно осуществлять на свободноживущей инфузории *Paramecium caudatum*, так как это является недорогой удобной моделью оценки биоцидного действия.

2. Ни один из растворов наночастиц благородных металлов и биоэлементов, использованных в опыте, не может быть признан биоинертным или биостимулирующим в отношении эукариотического тест-объекта *Paramecium caudatum*.

3. Коллоидные растворы наночастиц серебра, меди и кремния диоксида имеют биоцидное воздействие, каждый из которых проявляет дозозависимый эффект, причем первый из них характеризуется намного выраженной токсической активностью в одноклеточной протистой биологической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Красочко П.П., Понаськов М.А., Коцаев А.Г., Черных О.Ю. Оценка бактериоингибирующего действия нано- и коллоидных частиц серебра и кремния диффузионным методом // Ветеринария Кубани. 2019. № 4. С. 15–17.
2. Mayne R., Whiting J., Adamatzky A. Toxicity and Applications of Internalised Magnetite Nanoparticles Within Live *Paramecium caudatum* Cells // BioNanoScience. 2018. Vol. 8. Is. 1. P. 90–94.
3. Vlachogianni T., National V. Nanomaterials: Environmental Pollution, Ecological Risks and Adverse Health Effects // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2014. Vol. 8. P. 208–226.
4. Venkateswara Rao J., Gunda V.G., Srikanth K., Arepalli S.K. Acute toxicity bioassay using *Paramecium caudatum*, a key member to study the effects of monocrotophos on swimming behaviour, morphology and reproduction // Toxicological & Environmental Chemistry. 2007. Vol. 89. Is. 2. P. 307–317.
5. Blinova I., Kanarbik L., Irha N., Kahru A. Ecotoxicity of nanosized magnetite to crustacean *Daphnia magna* and duckweed *Lemna minor* // Hydrobiologia. 2017. Vol. 798. Is. 1. P. 141–149.
6. Асанова А.А., Полонский В.И. Выживаемость равноресничных инфузорий (*Paramecium caudatum*) в присутствии наночастиц и ионов серебра // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 4. С. 60–62.
7. Крючкова М.А., Ахатова Ф.С., Фахруллин Р.Ф. Выживаемость инфузорий *Paramecium caudatum* в присутствии наночастиц оксида алюминия // Российские нанотехнологии. 2021. Т. 16. № 4. С. 572–577.
8. Fatemeh B., Manizheh K., Robabeh M. Silver Nanoparticles (Ag-NPs) Illustrate the Toxicity Effect of Colchicine in Fresh Water *Paramecium caudatum* // Advanced Science, Engineering and Medicine. 2019. Vol. 11. N 3. P. 178–181.
9. Володина Т.А. Обоснование оптимального состава композиций из растительных экстрактов с использованием биологического теста на парамециях // Омский научный вестник. 2012. № 2 (114). <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-optimalnogo-sostava-kompozitsiy-iz-rastitelnyh-ekstraktov-s-ispolzovaniem-biologicheskogo-testa-na-parametsiyah>. Дата доступа: 10.06.2020.
10. Демиденко Г.А., Шуранов В.В. Оценка токсичности кормов с использованием инфузорий *Paramecium caudatum* // Вестник КрасГАУ. 2015. № 10. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-kormov-s-ispolzovaniem-infuzoriy-paramecium-caudatum>. Дата доступа: 10.06.2020.
11. Kvitek L., Vanickova M., Panacek A., Soukupova J., Dittrich M., Valentova E. Initial Study on the Toxicity of Silver Nanoparticles (NPs) against *Paramecium caudatum* // The Journal of Physical Chemistry C. 2009. Vol. 113 (11). P. 4296–4300.
12. Davydov M., Krikorian A.D. *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim. (Araliaceae) as an adaptogen: a closer look // Journal of Ethnopharmacology. 2000. Vol. 72 (3). P. 345–393.

REFERENCES

1. Krasochko P.A., Korochkin R.B., Krasochko P.P., Ponas'kov M.A., Koshchayev A.G., Chernykh O.Yu. Assessment of bacterial inhibition action of colloidal solutions of silver and silicium nanoparticles by diffusion method. *Veterinariya Kubani = Veterinaria Kubani*, 2019, no. 4, pp. 15–17. (In Russian).
2. Mayne R., Whiting J., Adamatzky A. Toxicity and Applications of Internalised Magnetite Nanoparticles Within Live Paramecium caudatum Cells. *BioNanoScience*, 2018, vol. 8, is. 1, pp. 90–94.
3. Vlachogianni T., National V. Nanomaterials: Environmental Pollution, Ecological Risks and Adverse Health Effects. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 2014, vol. 8, pp. 208–226.
4. Venkateswara Rao J., Gunda V.G., Srikanth K., Arepalli S.K. Acute toxicity bioassay using Paramecium caudatum, a key member to study the effects of monocrotophos on swimming behaviour, morphology and reproduction. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2007, vol. 89, is. 2, pp. 307–317.
5. Blinova I., Kanarbik L., Irha N., Kahru A. Ecotoxicity of nanosized magnetite to crustacean Daphnia magna and duckweed Lemna minor. *Hydrobiologia*, 2017, vol. 798, is. 1, pp. 141–149.
6. Asanova A.A., Polonskiy V.I. Survival of infusoria Paramecium Caudatum in the presence of silver nanoparticles and ions. *Problemy agrokhimii i ekologii = Problemy agrokhimii i ekologii*, 2017, no. 4, pp. 60–62. (In Russian).
7. Kryuchkova M.A., Akhatova F.S., Fakhrulin R.F. Survival of Paramecium Caudatum infusoria in the presence of aluminum oxide nanoparticles. *Rossiiskie nanotekhnologii = Nanotechnologies in Russia*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 572–577. (In Russian).
8. Fatemeh B., Manizheh K., Robabeh M. Silver Nanoparticles (Ag-NPs) Illustrate the Toxicity Effect of Colchicine in Fresh Water Paramecium caudatum. *Advanced Science, Engineering and Medicine*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 178–181.
9. Volodina T.A. Rationale for the optimal composition of plants extracts using biological test for paramecium. *Omskii nauchnyi vestnik = Omsk Scientific Bulletin*, 2012, no. 2 (114). (In Russian). <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-optimalnogo-sostava-kompozitsiy-iz-rastitelnyh-ekstraktov-s-ispolzovaniem-biologicheskogo-testa-na-paramet-siyah>. 10.06.2020. (In Russian).
10. Demidenko G.A., Shuranov V.V. The assessment of the forage toxicity using the Paramecium Caudatum ciliates. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2015, no. 10. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-kormov-s-ispolzovaniem-infuzoriy-paramecium-caudatum>. 10.06.2020. (In Russian).
11. Kvitek L., Vanickova M., Panacek A., Soukupova J., Dittrich M., Valentova E. Initial Study on the Toxicity of Silver Nanoparticles (NPs) against Paramecium caudatum. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2009, vol. 113 (11), pp. 4296–4300.
12. Davydov M., Krikorian A.D. Eleutherococcus senticosus (Rupr. & Maxim.) Maxim. (Araliaceae) as an adaptogen: a closer look. *Journal of Ethnopharmacology*, 2000, vol. 72 (3), pp. 345–393.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Красочко П.А.**, доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук, профессор; **адрес для переписки:** Республика Беларусь, 210026, Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11; e-mail: krasochko@mail.ru

Корочкин Р.Б., кандидат ветеринарных наук, доцент

Понаськов М.А., магистр ветеринарных наук, ассистент

AUTHOR INFORMATION

✉ **Petr A. Krasochko**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Doctor of Science in Biology, Professor; **address:** 7/11, 1st Dovatora St., Vitebsk, 210026, Republic of Belarus; e-mail: krasochko@mail.ru

Rudolf B. Korochkin, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor

Mikhail A. Ponaskov, Master of Veterinary Sciences, Assistant

Дата поступления статьи / Received by the editors 21.10.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.01.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022



К ЮБИЛЕЮ НИКОЛАЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА СУРИНА



Академику Российской академии наук, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, почетному работнику агропромышленного комплекса России, награжденному Почетным знаком Национального фонда «Общественное признание» и Орденом Дружбы, члену Национальной и Сельскохозяйственной академий наук Монголии, почетному гражданину Красноярского края Николаю Александровичу Сурину 23 февраля 2022 г. исполнилось 85 лет.

Николай Александрович начал научную работу в Красноярском научно-исследовательском институте сельского хозяйства в 1962 г. Здесь он прошел путь от старшего научного сотрудника, заведующего отделом селекции, заместителя директора по селекционной работе до директора института, которым являлся 20 лет (1987–2007 гг.). Деятельность института в этот период была направлена на организацию и проведение фундаментальных и приоритетных прикладных исследований краевого, регионального, российского и международного уровней по земледелию, агрохимии, растениеводству, созданию высокопродуктивных, устойчивых к стрессовым ситуациям сортов зерновых, зернобобовых культур, их первичное семеноводство.

Долгое время Н.А. Сурин руководил Восточно-Сибирским территориальным научным центром и комплексным селекционным центром СО РАСХН, курируя научную работу и селекцию в Восточной Сибири. В 2018, 2019 гг. Николай Александрович вновь возглавил руководство институтом в должности директора.

В настоящее время Н.А. Сурин – руководитель научного направления Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, главный научный сотрудник лаборатории селекции серых хлебов, руководит созданным на базе института селекционно-семеноводческим центром. Научные сотрудники центра работают над созданием и семеноводством новых сортов пшеницы, ячменя, овса, озимой ржи, гороха, плодовых и ягодных культур.

Николай Александрович – известный селекционер по ячменю. Под его руководством и при непосредственном участии создано 18 сортов ярового ячменя, допущенных к использованию (17 – на территории Российской Федерации, один – на территории Монголии), оформлено 12 патентов, из них три на изобретения. Впервые в Сибири выведены гладкоостые сорта ячменя Агул, Енисей и Соболек, иммунный сорт Агул 2, голозерный – Оскар,

пивоваренного направления – Бахус. Им созданы уникальные сорта ячменя интенсивного типа Красноярский 80 и Кедр с потенциальной урожайностью более 80 ц/га. Оба сорта находились в районировании более 20 лет. Сорт Красноярский 80 в течение многих лет был непревзойденным стандартом для центральных районов Красноярского края, сорт Кедр – имел широкое распространение в крае и за его пределами (на площади свыше 4 млн га). Благодаря целенаправленной селекции биологический потенциал продуктивности новых сортов вырос вдвое, достигнув 80 ц/га, заменив собой сорта иностранной селекции. В отдельные годы сорта Н.А. Сурина занимали 80–85% сортовых посевов ячменя в Красноярском крае. Созданные им сорта получили широкое распространение и за пределами региона – в республиках Коми, Казахстана, Бурятии, Томской, Тюменской, Иркутской и Кемеровской областях, Алтайском крае. В Красноярском крае в настоящее время широко возделываются сорта Вулкан, Соболек, Емеля, Буян, Абалак и Такмак.

Свои теоретические и практические результаты Н.А. Сурин обобщил в шести монографиях и учебниках, более чем в 350 статьях. Под его руководством защищено 18 кандидатских и 6 докторских диссертаций. Его научная школа представлена селекционерами, земледельцами, экологами, биотехнологами, генетиками, растениеводами, семеноводами и др.

Международный авторитет Н.А. Сурина подкреплён соглашениями о международном сотрудничестве по НИР с Республикой Казахстан и Монголией, им курируется селекция в Республике Тыва. В 2002 г. он избран иностранным действительным членом Национальной и Сельскохозяйственной академий наук Монголии, награжден правительственными медалями Монголии.

В настоящее время академика Н.А. Сурина является единственным академиком в Восточной Сибири по сельскохозяйственному направлению. Он член Координационного совета Российской Федерации по селекции ячменя, председатель проблемного совета Сибири по селекции и семеноводству, член объединенного научного совета СО РАН, заместитель председателя диссертационного совета Красноярского ГАУ, член Президиума ФИЦ КНЦ СО РАН.

За многолетний добросовестный труд и высокий профессионализм Николай Александрович награжден многими медалями Монголии, а также благодарственными письмами и наградами руководителей Красноярска и Красноярского края: медалью «За трудовое отличие» (1972 г.), имеет почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1993 г.), является кавалером почетного знака «Общественное признание», Ордена Дружбы (2005 г.). Награжден Благодарственным письмом Управления агропромышленного комплекса администрации Красноярского края (2004 г.), Благодарственным письмом губернатора Красноярского края В.А. Толоконского (2017 г.), почетной грамотой Федерации профсоюзов Красноярского края (2017 г.), почетной грамотой РАН (2017 г.), памятной медалью «В ознаменование 60-летия СО РАН» (2017 г.), медалью «За трудовые заслуги Красноярского края», имеет звание «Почетный работник агропромышленного комплекса России» (2015 г.), награжден юбилейным почетным знаком «80 лет Красноярскому краю», знаком «Почетный профессор КрасГАУ», почетным знаком «85 лет Красноярскому краю», Знаком отличия Красноярского края «За трудовые заслуги» (2017 г.). В 2018 г. ему присвоено звание «Почетный гражданин Красноярского края».

Поздравляем Николая Александровича с юбилеем, желаем ему новых творческих успехов, здоровья, счастья в личной жизни.

Председатель СО РАН академик *В.Н. Пармон*,
директор Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий
Российской академии наук, член-корреспондент РАО *К.С. Голохваст*,
действительные члены академии академики РАН:
В.В. Альт, А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, Г.П. Гамзиков,
А.С. Донченко, Н.И. Кашеваров, В.А. Солошенко, И.Ф. Храпцов



Становление и развитие агроинформатики в СФНЦА РАН начались в далеких 1962–1963 гг. Тогда директором Сибирского филиала Всесоюзного института механизации сельского хозяйства (СибВИМ) был назначен Борис Васильевич Павлов. С его приходом группа молодых специалистов (А.И. Гиберт, И.Д. Бухтияров, В.В. Лазовский и др.) занялась исследованиями в области технической диагностики машин и механизмов в содружестве с кафедрой вычислительной техники Новосибирского электротехнического института (НЭТИ). На Опытном заводе СибВИМ была организована группа слесарей и радиомонтажников по изготовлению опытных образцов приборов. Возглавил группу Е.А. Рахманин. В 1966 г. на базе этой группы был организован приборостроительный участок.

В 1968 г. был создан отдел технической диагностики и вычислительной техники (ВТТД), в который входила и группа инженеров-разработчиков электронной аппаратуры для научных исследований. В этот период в СибВИМ пришли молодые специалисты (выпускники НЭТИ), ставшие потом ведущими специалистами и учеными академии: В.В. Альт (академик РАН, доктор технических наук, руководитель СибФТИ СФНЦА РАН), кандидат технических наук А.М. Зазнобин, В.Г. Потанин, В.М. Лызлов, В.Б. Ан и др. В отделе института велась разработка специальных приборов и устройств (анализаторы спектра, корреляторы, анализаторы вероятностей законов распределения).

Обеспечение сельскохозяйственной науки и производства специализированными приборами и системами, исследование физических процессов, характеризующих развитие биологических объектов и описывающих работу машин и механизмов, – задачи, которые были поставлены перед учеными СО ВАСХНИЛ. Для их решения 23 декабря 1971 г. приказом № 461 Министерства сельского хозяйства СССР создано Специальное опытное проектно-конструкторско-технологическое бюро (СОПКТБ) Сибирского отделения ВАСХНИЛ во главе с директором кандидатом технических наук И.Д. Бухтияровым. В дальнейшем оно преобразовано в научно-исследовательский институт – Сибирский физико-технический институт аграрных проблем (СибФТИ) (приказ Госагропрома СССР № 72 от 22 декабря 1987 г.). В настоящее время СибФТИ вошел в состав Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН (СФНЦА РАН).

И.Д. Бухтияров – руководитель отдела ВТТД СибИМЭ, ученый, который проделал огромную организационную работу по созданию СОПКТБ и СибФТИ. Коллектив СОПКТБ

И.Д. Бухтияров и Е.А. Рахманин подбирали, соединяя опыт испытанных производителей и руководителей с устремленностью молодых специалистов. Молодой коллектив СОПКТБ заявил о себе на международной выставке «Автосервис-73», представив комплекс АТ-2, за который был награжден дипломом Торгово-промышленной палаты СССР. Успех на выставке был реализован в крупных договорах на проведение НИОКР по техническому диагностированию машин и механизмов с АвтоВАЗом и НПО «Звезда». Комплекс «ИВК-Цикл», созданный в СОПКТБ, прошел межведомственные приемочные испытания. Создано и внедрено 22 таких комплекса для большинства двигателестроительных заводов СССР. Коллектив СОПКТБ в тесном сотрудничестве с СибНИА был участником создания советского «Шатла» – «Бурана».

В конце 70-х и первой половине 80-х годов XX в. для обеспечения сельского хозяйства современными техническими средствами СОПКТБ создало ряд диспетчерских установок «Иня 303» и «КДС-42». «КДС-42» прошла государственные испытания и была поставлена на серийное производство на опытном заводе СибИМЭ.

В 1987 г. началась история научно-исследовательского института СибФТИ (созданного на базе СОПКТБ). В 1992 г. директором института был избран В.В. Альт. В области исследования физических процессов в биологических объектах и автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства создан ряд оригинальных методик оценки устойчивости злаковых культур к болезням, засолению, морозоустойчивости плодовых культур, комплексов и систем автоматизации сельскохозяйственных процессов. Коллектив искал новые направления научного поиска. Исследования, проводимые учеными, имеющие междисциплинарный характер, привели к созданию целого ряда цифровых компьютерных баз данных и знаний. Все разработки (более 50) для информационного обеспечения и цифровизации сельскохозяйственного производства, научных исследований и аграрного образования защищены авторскими свидетельствами, патентами и свидетельствами на программные продукты. Созданы системы управляемого климата «БИОТРОН 1-8» и «ФОТОТРОН», индикаторы определения усилия отрыва и раздавливания ягод «ПЛОДТЕСТ-1» и «ДИНА-3», агрорегуляторы серии «ТУМАН». Для многих новосибирцев сад СибФТИ – визитная карточка СФНЦА РАН.

В новых экономических условиях на инвестиционной основе созданы электронные цифровые измерители температуры ТЭМЦ-2, ТГО-1, ТГД и ТОН. Приборами ТГО-1, ТГД и ТОН, аналогов которых в нашей стране нет, оснащены горноспасательные отряды России. Особое место в разработках СибФТИ занимают работы отдела дизайна. Его первым руководителем и идейным вдохновителем был заслуженный изобретатель и член союза дизайнеров СССР В.В. Чирков. В отделе были созданы мнемосхемы для электрических, газовых и тепловых сетей с внедрением от Хабаровска и Якутска до Львова.

С 1989 г. по настоящее время в институте было защищено 6 докторских и 18 кандидатских диссертаций.

За последние годы в СибФТИ создано более 50 новых систем, приборов и программных продуктов, которые внедрены в институтах и вузах.

СибФТИ верен испытанному годами принципу: изделия «под ключ» и постоянная готовность к взаимовыгодному сотрудничеству.

Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов 05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы

- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).

Фамилии и инициалы авторов, информация об авторах, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну), на русском и английском языках.

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат на русском и английском языках. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова на русском и английском языках. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Благодарности на русском и английском языках. В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника* = *англоязычное название источника*,

(для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bsi>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

Zaglavie jurnala = *Title of Journal*, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = *Англоязычное название источника*

Монография

Klimova E.V. *Field crops of Zabaikalya*. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке. Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовков таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте.

В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться авторам без рассмотрения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранение замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзываемая статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)
можно оформить одним из следующих способов:

- на сайте Почта России. Зайти в раздел «Онлайн-сервисы», затем – «Подписаться на газету или журнал». Подписной индекс издания ПМ401;
- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 46808. Ссылка на издание http://ural-press.ru/catalog/97210/8656935/?sphrase_id=319094. В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 7-383-348-37-62; e-mail: sibvestnik@sfisca.ru).

Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>.

THE SCIENTIFIC JOURNAL
SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 52, No 1 (284)

DOI: 10.26898



2022

January – February

Editor-in-Chief is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Deputy Chief Editor Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Viktor V. Alt	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Olga S. Afanasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Anatoly N. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Natalia G. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Nikolay P. Goncharov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Kirill S. Golokhvast	Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu, Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Mikhail I. Gulyukin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Irina M. Donnik	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Nikolay A. Donchenko	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
Nikolay M. Ivanov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Andrey Yu. Izmailov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Vladimir K. Kalichkin	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay I. Kashevarov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Vladimir A. Soloshenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay A. Surin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Ivan F. Khramtsov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia
Ivan N. Sharkov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia



www.sibvest.elpub.ru

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Uralsk, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria
Sezai Ercişli	Professor, Atatürk University, Turkey
Seyed Ali Johari	Associate Professor, University of Kurdistan, Iran
Seung Hwan Yang	Professor, Chonnam National University, Republic of Korea

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media,
Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,

Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

THE SCIENTIFIC JOURNAL
SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 52, No 1 (284)

DOI: 10.26898



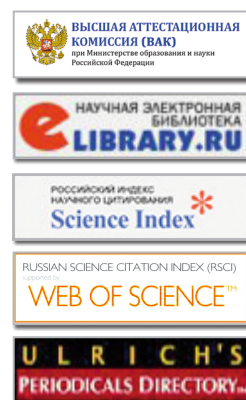
2022
January – February

Editor-in-Chief is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Deputy Chief Editor Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Viktor V. Alt	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Olga S. Afanassenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Anatoly N. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Natalia G. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Nikolay P. Goncharov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Kirill S. Golokhvast	Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu, Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Mikhail I. Gulyukin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Irina M. Donnik	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Nikolay A. Donchenko	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
Nikolay M. Ivanov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Andrey Yu. Izmailov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Vladimir K. Kalichkin	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay I. Kashevarov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Vladimir A. Soloshenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay A. Surin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Ivan F. Khramtsov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia
Ivan N. Sharkov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia



www.sibvest.elpub.ru

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Uralsk, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria
Sezai Ercişli	Professor, Ataturk University, Turkey
Seyed Ali Johari	Associate Professor, University of Kurdistan, Iran
Seung Hwan Yang	Professor, Chonnam National University, Republic of Korea

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media,
Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

**Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,
Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62
e-mail: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru**

