



Научно-практический журнал  
**“Вестник ИрГСХА”**

**2024 Выпуск 6 (125)**

Scientific and practical journal  
**“Vestnik IrGSHA”**

**2024 Volume 6 (125)**

Журнал “Вестник ИрГСХА” зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Регистрационный номер** ПИ № ФС77 – 75281 от 25 марта 2019 года

**Учредитель:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

**DOI 10.51215/1999 - 3765-2024-125**

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”, 2024, выпуск 6 (125), декабрь.

Издается по решению Ученого совета Иркутской государственной сельскохозяйственной академии с 26 ноября 1996 г.

**Главный редактор: В.И. Солодун, д.с.-х.н.**

**Зам. главного редактора: Н.А. Никулина, д.б.н.**

**Ответственный секретарь: И.И. Силкин, д.в.н.**

**Члены редакционного совета: ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”:** Н.Н. Дмитриев, д.с.-х.н., Д.Ф. Леонтьев д.б.н., Р.А. Сагирова д.с.-х.н., В.О. Саловаров, д.б.н., Е.Г. Худоногова, д.б.н., Ш.К. Хуснидинов, д.с.-х.н.

**Иные организации: Россия:** СИФИБР, г. Иркутск: М.А. Раченко, д.с.-х.н.; Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловский р-н, Орловская обл.: Е.Н. Седов, д.с.-х.н., академик, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина”, д.с.-х.н., доцент С.В. Резвякова, д.с.-х.н.; Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, г. Владикавказ: Р.Б. Темираев, д.с.-х.н., Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург: Л.М. Белова, д.б.н.; Республика Карелия Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск: Э.В. Ивантер, д.б.н., чл.-кор. РАН; Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск: Ю.Н. Литвинов, д.б.н.; Омский педагогический университет, г. Омск: Г.Н. Сидоров, д.б.н.

**Республика Армения:** Институт проблем гидропоники им. Г.С.Давтяна, Национальная академия наук, РА, г. Ереван: А.О. Тадевосян, д.б.н.

**Республика Беларусь:** Витебская ордена “Знак Почета” академия ветеринарной медицины И.Н. Громов, д.в.н.

**Республика Казахстан:** Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности, г. Нур-Султан: Р.А. Арынова, д.б.н.

**Монголия:** Монгольская академия наук, Улан-Батор Бямбаа Бадарч, д.в.н.;

Монгольский государственный сельскохозяйственный университет Очирбат Гэндэнгиа Зюодийнхэний, д.б.н.

В журнале опубликованы работы авторов по разным тематикам: агрономии, мелиорации, биологии, охране природы, ветеринарной медицине, зоотехнии.

Журнал “Вестник ИрГСХА” зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Регистрационный номер ПИ № ФС77 – 75281 от 25 марта 2019 года

Подписной индекс ПН274 в каталоге АО “Почта России”

Рукописи, присланные в журнал, не возвращаются. Авторы несут полную ответственность за подбор и изложение фактов, содержащихся в статьях; высказываемые ими взгляды могут не отражать точку зрения редакции. Любые нарушения авторских прав преследуются по закону. Перепечатка материалов журнала допускается только по согласованию с редакцией. Рецензии хранятся в редакции не менее 5 лет в бумажном и электронном вариантах и могут быть предоставлены в Министерство образования и науки РФ по запросу.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования электронной библиотеки eLIBRARY.RU. Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий согласно решению Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России.

Журнал входит во II квартал (K2) рейтинга ВАК.

Журнал удостоен диплома II степени в конкурсе изданий учреждений ДПО, подведомственных Минсельхозу РФ, “Новые знания – практикам” в номинации “Лучшее серийное издание”, диплома III степени Министерства сельского хозяйства РФ, диплом II степени в номинации “Лучшее печатное издание” I Международного конкурса за лучшее учебное и научное издание.

Статьи проверены с использованием Интернет-сервиса “Антиплагиат”.

Присвоен DOI: 10. 51215/ISSN1999 - 3765.2019.91.94

Учредитель – ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

ISSN 1999 - 3765

© ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2024, декабрь

Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”, 2024, issue 6 (125), December.

It is published by the decision of the Academic Council of Irkutsk State Agricultural Academy since November 26, 1996.

**Editor-in-chief:** V.I. Solodun, Doctor of Agricultural Sc.

**Deputy editor-in-chief:** N.A. Nikulina, Doctor of Biological Sc.

**Executive secretary:** I.I. Silkin, Doctor of Veterinary Sc.

**Editorial Board members:** FSBEI HE “Irkutsk State Agrarian University named after A.A. EzhevskyN/N/ Dmitriev, Doctor of Agricultural Sc., D.F. Leontiev, Doctor of Biological Sc., R.A. Sagirova, Doctor of Agricultural Sc., V.O. Salovarov, Doctor of Biological Sc., E.G. Khudonogova, Doctor of Biological Sc., Sh. K. Khusnidinov, Doctor of Agricultural Sc.

**Other organizations:** *Russia:* SIPPB, Irkutsk: M.A. Rachenko, Doctor of Agricultural Sc.; Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina village, Orel district, Orel region: E.D.Sedov, Doctor of Agricultural Sc., academician, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin”, Doctor of Agricultural Sc., associate professor S.V. Rezyakova, Doctor of Agricultural Sc.; North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, Vladikavkaz: R.B. Temiraev, Doctor of Agricultural Sc., St. Petersburg Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg: L.M. Belova, Doctor of Biological Sc.; Republic of Karelia Petrozavodsk State University, Petrozavodsk: E. V. Ivantsev, Doctor of Biological Sc., Corresponding Member of RAS; Institute of Systematics and Ecology of Animals of SB RAS, Novosibirsk: Yu.N. Litvinov, Doctor of Biological Sc.; Omsk Pedagogical University, Omsk: G.N. Sidorov, Doctor of Biological Sc.

*Republic of Armenia:* Institute of Hydroponics Problems named after G.S. Davtyan, National Academy of Sciences, RA, Yerevan: A.O. Tadevosyan, Doctor of Biological Sc.

*Republic of Belarus:* Vitebsk Order “Badge of Honor” State Academy of Veterinary Medicine I.N. Gromov, Doctor of Veterinary Sc.

*Republic of Kazakhstan:* Kazakh Research Institute of Food and Processing Industry, Nur-Sultan: R.A. Arynova, Doctor of Biological Sc.

*Mongolia:* Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar Byambaa Badarch, Doctor of Veterinary Sc.; Mongolian State Agricultural University Ochirbat Gendengiya Zyuodiinheniy, Doctor of Biological Sc.

The journal publishes papers on various topics: agronomy, melioration, biology, nature protection, veterinary medicine, livestock farming

The journal is registered in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications. Certificate PI No. FS 77-75281. Registration date: 25.03.2019

Subscription indexes in the Catalogue of the JSC “Russian Post” – ПИИ274.

Manuscripts are not returned to the authors. The authors are solely responsible for the selection and presentation of the facts contained in the articles; the views expressed by them may not reflect the views of the editorial board. Any copyright infringement is prosecuted by law. Reprinting of journal materials is allowed only by agreement with the editors. No part of the journal materials may be reproduced without the prior permission from the editorial board. Reviews are stored in the editorial office for 5 years in the paper and electronic versions and can be provided to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation on request.

The journal is included in the II quartile (K2) of the Higher Attestation Commission ranking.

The journal is included in the Russian Science Citation Index of the Electronic Library eLIBRARY.RU. The journal is included in the List of leading peer-reviewed scientific journals and publications in accordance with the decision of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia. The journal was awarded a II Degree Diploma in the competition of publications of AVT institutions subordinated to the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, “New Knowledge for Practitioners” in the nomination “Best Serial Edition”, a III Degree Diploma of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, a II Degree Diploma in the nomination “Best Printed Edition” of the I International Competition for the best educational and scientific publication.

The articles were checked using the “Anti-plagiarism” Internet service.

Assigned with DOI: 10.51215/ ISSN1999 - 3765.2019.91.94

The founder - FSBEI HE Irkutsk SAU

© FSBEI HE Irkutsk SAU, 2024, December

## СОДЕРЖАНИЕ

### **АГРОНОМИЯ. МЕЛИОРАЦИЯ**

- Бурлов С.П., Большешапова Н.И., Коваленко И.Н., Ковалев А.Н.* Сравнительные характеристики сортов картофеля при получении миниклубней на аэропонном модуле 6
- Дмитриев Н.Н., Дьяченко Е.Н.* Влияние последствий минеральных удобрений на фоне извести на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в длительном стационарном опыте в условиях Прибайкалья 16
- Иваньо Я.М., Петрова С.А., Полковская М.Н., Собиров И.А.* Многоуровневое моделирование производства растениеводческой продукции на разных ступенях агрегирования 25
- Омаров М.Э. оглы, Алиева С.С. гызы* Вопросы оптимального учета нелинейности взаимосвязи индексов NDVI и LAI при проведении фенологических измерений развития растительности 37
- Раченко М.А., Кузнецов А.А., Раченко Д.М.* Комплексная оценка сортов земляники в условиях юга Иркутской области 45
- Сагирова Р.А., Потанина А.В., Леонтьев А.А.* Сравнительная оценка продуктивности сортов земляники садовой зарубежной селекции в условиях Предбайкалья 54
- Солодун В.И., Рябинина О.В., Амакова Т.В.* Оптимизация структуры использования пашни на примере фермерского хозяйства Баяндаевского района Иркутской области 63
- Шеметова И.С., Матвеев Н.В.* Биологическая активность почвы под цикорием обыкновенным в условиях Предбайкалья 72
- БИОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ**
- Кокаева М.Г., Плиева З.К., Баева А.А., Джабоева А.С., Бобылева Л.А.* Влияние адсорбента и витамина Е на промежуточный обмен молочного скота при денитрификации 79
- Кузеванов В.Я., Кузеванова Е.Н.* Перспектива экогородов в Байкальской Сибири: гармония человека и природы 90
- Малых С.В., Леонтьев Д.Ф., Чусов А.Р.* Черты экологии и структура местообитаний сибирского горного козла (*Capra sibirica* Pall., 1776) как основа для численных экспериментов при экстраполяции данных по его численности на Восточном Саяне 107
- Туаева З.З., Цогоева Ф.Н., Кцоева И.И., Ганпоева В.С., Солдатова И.Э.* Способ оптимизации продуктивности и процессов пищеварения у мясной птицы при нарушении экологии кормления 122
- Чудновская Г.В., Чернакова О.В.* Стабильность развития *Syringa vulgaris* L. в г. Иркутске 134

## CONTENS

### **AGRONOMY. MELIORATION**

- Burlov S.P., Bolsheshapova N.I., Kovalenko I.N., Kovalev A.N.* Comparative characteristics of potato varieties when growing minitubers on an aeroponic module 6
- Dmitriev N.N., D'yachenko E.N.* Influence of the aftereffect of mineral fertilizers against the background of lime on the yield and quality of spring wheat grain in a long-term stationary experiment in the Baikal region 16
- Ivanyo Ya.M., Petrova S.A., Polkovskaya M.N., Sobirov I.A.* Multilevel modeling of crop production at different stages of aggregation 25
- Omarov M.E. oglu, Aliyeva S. S. gizi.* Issues of optimal consideration of nonlinearity of NDVI and LAI indices relationship in phenological measurements of vegetation development 37
- Rachenko M.A., Kuznetsov A.A., Rachenko D.M.* Comprehensive assessment of strawberry varieties in the conditions of the south of Irkutsk region 45
- Sagirova R.A., Potanina A.V., Leontiev A.A.* Comparative assessment of the productivity of garden strawberry varieties of foreign breeding in the conditions of the forest-steppe zone of Pre-Paikal region 54
- Solodun V.I., Riabinina O. V. Amakova T.V.* Optimization of the structure of arable land use on the example of a farm in the Bayандаevsky district of Irkutsk region 63
- Shemetova I.S., Matveeva N.V.* Biological activity of the soil under common chicory in the conditions of pre-Baikal region 72

### **BIOLOGY. NATURE PROTECTION**

- Kokaeva M.G., Plieva Z.K., Baeva A.A., Dzhaboeva A.S., Bobyleva L.A.* Effect of adsorbent and vitamin E on intermediate metabolism of dairy cattle during denitrification 79
- Kuzevanov V.Ya., Kuzevanov E.N.* Prospects of ecocities in Baikal Siberia: harmony of man and nature 90
- Malykh S.V., Leontiev D.F., Chusov A.R.* Ecological features and habitat structure of the Siberian mountain goat (*Capra sibirica* pall., 1776) as a basis for numerical experiments in extrapolation of data on its numbers in the Eastern Sayan 107
- Tuaeva Z. Z., Tsogoeva F.N., Ktsoeva I.I., Gappoeva V.S., Soldatova I.E.* Method for optimizing productivity and digestive processes in poultry meat in violation of the feeding ecology 122
- Chudnovskaya G.V., Chernakova O.V.* Development stability of *Syringa vulgaris* L. in the city of Irkutsk 134



**АГРОНОМИЯ. МЕЛИОРАЦИЯ**

**AGRONOMY. MELIORATION**

DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-6-15

УДК 633.491

Научная статья

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ  
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИНИКЛУБНЕЙ НА АЭРОПОННОМ МОДУЛЕ**

<sup>1</sup>С.П. Бурлов, <sup>1</sup>Н.И. Большешапова, <sup>1</sup>И.Н. Коваленко, <sup>2</sup>А.Н. Ковалев

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодежный,  
Иркутский район, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>ООО “Селекционно-семеноводческая технологическая компания “Меристема”,  
*Екатеринбург, Россия*

**Аннотация.** Картофель – важнейшая продовольственная культура. Клубни содержат 10-20% крахмала и до 2% белка. Они являются сырьем для производства спирта, крахмальной пасты, волокна и химической промышленности. Мелкие нетоварные клубни используются в качестве корма. Круглогодичное выращивание растений в защищенных условиях в изолированных помещениях при искусственном освещении известно давно. Аэро-гидропонное выращивание миниклубней картофеля – это разновидность бессубстратного выращивания, для этого способа субстрат не требуется, в системе питательный раствор, подается под давлением непосредственно на корни растений. Исследования были проведены в 2023 году <sup>1</sup>ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского и научно-исследовательской лаборатории “Селекционно-генетический центр” кафедры земледелия и растениеводства, на двух инновационных аэропонных модулях Primobreeder Aero Lab 40 производства ООО “ССТК “Меристема”. Данные модули предназначены для выращивания миниклубней картофеля из растений *in vitro* в закрытых помещениях, оборудованных устройствами регулирования климатических условий. Работа проводилась на сортах картофеля “Ред Скарлетт”, “Сантэ”, “Регги”. Методы исследований общепринятые. Общий вес картофеля за десять сборов с аэро-гидропонной установки составил 24.5 кг. Каждый сбор картофеля составлял около 2-3 кг, при этом с каждым сбором наблюдалось возрастание числа клубней с одного растения с 10-12 шт. /на куст до 30-45 шт./ на куст. Масса одного микроклубня была небольшая и снижалась с 15-35 граммов до 7-8 граммов, при средней 12 граммов. Каждый куст за период вегетации сорта “Ред Скарлетт” произвел 306 г/на куст, при среднем числе клубней – 29.2 шт./куст.

**Ключевые слова:** картофель, сорт, *in vitro*, коллекция, микроклубни, миниклубни.

**Для цитирования:** Бурлов С.П., Большешапова Н.И., Коваленко И.Н., Ковалев А.Н. Сравнительные характеристики сортов картофеля при получении миниклубней на аэропонном модуле. “Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”. 2024; 6 (125): 6-15. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-6-15.

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF POTATO VARIETIES WHEN GROWING MINITUBERS ON AN AEROPONIC MODULE

<sup>1</sup>Sergey P. Burlov, <sup>1</sup>Nadezhda I. Bolsheshapova, <sup>1</sup>Irina N. Kovalenko, <sup>2</sup>Alexey N. Kovalev

<sup>1</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup>LLC “Selection and seed technology company “Meristema”, *Ekaterinburg, Russia*

**Abstract.** Potatoes are the most important food crop. Tubers contain 10-20% starch and up to 2% protein. They are raw materials for the production of alcohol, starch paste, fiber and chemical industry. Small non-marketable tubers are used as feed. Year-round cultivation of plants in protected conditions in isolated rooms under artificial lighting has been known for a long time. Aero-hydroponic cultivation of mini potato tubers is a type of substrate-free cultivation, no substrate is required for this method, a nutrient solution is supplied under pressure directly to the plant roots in the system. The research was conducted in 2023 in <sup>1</sup>FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky and research laboratory "Selection and genetic center" of Department of Agriculture and Plant Growing, on two innovative aeroponic modules Primobreeder Aero Lab 40 produced by LLC “Selection and seed technology company “Meristema”. These modules are designed for growing potato minitubers from in-vitro plants in enclosed spaces equipped with climate control devices. The work was carried out on the potato varieties "Red Scarlett", "Sante", "Reggie". The research methods are generally accepted. The total weight of potatoes for ten harvests from the aero-hydroponic installation was 24.5 kg. Each potato harvest was about 2-3 kg, and with each harvest there was an increase in the number of tubers per plant from 10-12 pcs. /per bush to 30-45 pcs. /per bush. The weight of one microtubule was small and decreased from 15-35 grams to 7-8 grams, with an average of 12 grams. During the growing season, each bush of the Red Scarlett variety produced 306 g/bush, with an average number of tubers – 29.2 pcs. /bush.

**Keywords:** potatoes, variety, *in vitro*, collection, microtubers, mintubers.

**For citation:** Burlov S.P., Bolsheshapova N.I., Kovalenko I.N., Kovalev A.N. Comparative characteristics of potato varieties when growing minitubers on an aeroponic module. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 6-15. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-6-15.

**Введение.** Главной биологической особенностью сортов картофеля является вегетативное размножение. С этим способом размножения могут быть связаны проблемы, обусловленные физиологическим старением культуры и накоплением специфических патогенов, вызывающих снижение урожая клубней. Чтобы избежать данных проблем, в семеноводстве картофеля широко применяются современные биотехнологические методы. Так, использование культуры апикальных меристем и методов микроклонального размножения позволяет сохранить типичность биоматериала в процессе поддержания *in vitro* коллекций картофеля [8].

Черенкование *in vitro* является наиболее эффективным способом ускоренного размножения многих сельскохозяйственных растений. Для

культур с низким коэффициентом размножения, к которым относится картофель, данный метод имеет большое значение. Преимущество использования клонального микроразмножения в картофелеводстве заключается в увеличении количественного выхода размножаемых растений в искусственных лабораторных условиях для производства необходимого объема здорового растительного материала. Основным фактором, оказывающим влияние на результативность процесса клонального микроразмножения, является генотип исходного растения. Культурный картофель (*Solanum tuberosum* L.) обладает значительным морфогенетическим потенциалом и, следовательно, растения этого вида проявляют высокую регенерационную способность в культуре *in vitro*. В пределах вида некоторые генотипы размножаются легче, чем другие [8,2].

Соответственно, в культуре *in vitro* сорта картофеля растут и развиваются по-разному. Различия между генотипами заключаются не только во времени их регенерации, но и в количественных характеристиках сформированных микрорастений, различающихся по числу междоузлий, стеблей и степени развития корневой системы. Большое влияние на способность к морфогенезу, несомненно, оказывает и возраст эксплантов. Растения на ювенильном этапе обладают более высоким морфогенетическим потенциалом, чем “взрослые” микрорастения [8].

Безвирусный картофель имеет большое значение для сельскохозяйственных предприятий и фермеров. Вирусные инфекции могут значительно снизить урожайность картофеля и привести к значительным экономическим потерям. Поэтому проблема безвирусного картофеля является важным аспектом сельского хозяйства и требует систематического подхода и внимания со стороны специалистов по растениеводству [8,9,10].

Способ круглогодичного выращивания растений в защищенных условиях в изолированном помещении при искусственном освещении в водной культуре известен достаточно давно [1]. По сравнению с традиционной технологией, использующей почвенный субстрат, он имеет ряд преимуществ [10]: отсутствуют трудоемкие и затратные мероприятия с субстратом (замена или обеззараживание старого субстрата, защита от почвенных инфекций и вредителей); растения сбалансированно обеспечиваются питательными элементами, водой и кислородом; контролируется развитие клубней для получения однородных по размеру стандартных миниклубней семенного картофеля [9].

Аэро-гидропонное выращивание мини клубней картофеля – это разновидность бессубстратного выращивания, для этого способа субстрат не требуется, в системе питательный раствор, подается под давлением непосредственно на корни растений.

**Цель** – разработка и освоение современного технологического оборудования в системе семеноводства картофеля на оздоровленной основе.

**Материал и методы.** Исследования проведены в 2023 году в Иркутском

государственном аграрном университете имени А.А. Ежевского и научно-исследовательской лаборатории "Селекционно-генетический центр" кафедры земледелия и растениеводства, на двух инновационных аэропонных модулях PRIMOBREEDER AERO LAB 40 производства ООО “ССТК “Меристема”. Данные модули предназначена для выращивания миниклубней картофеля из растений *in vitro* в закрытых помещениях, оборудованных устройствами регулирования климатических условий.

Исследования проводили по общепринятым методикам [4,6,7].

Схема размещения растений в аэропонном модуле – 20 x 30 см.

Система управления процессом освещения растений и подачи питательного раствора автоматическая.

Работа проводилась на сортах картофеля “Ред Скарлетт”, “Сантэ”, “Регги”.

“Ред Скарлетт” – раннеспелый сорт картофеля столового назначения из NZPC HOLLANDB.V. Растение низкое полупрямостоячее. Венчик красно-фиолетовый. Клубень удлиненно-овальный, с красной кожурой и желтой мякотью. Глазки мелкие. Товарная урожайность 164-192 ц/га. Масса товарного клубня 56-102 г. Содержание крахмала составляет 10.1-15.6%. Вкус хороший. Товарность 82-96%. Устойчив к возбудителю рака картофеля и картофельной нематоды. Восприимчив к возбудителю фитофтороза по ботве и умеренно восприимчив по клубням [1, 2, 3, 5].

**Результаты и их обсуждение.** На аэропонный модуль было посажено 80 микрорастений сорта “Ред Скарлетт” из пробирок и по 40 растений “Сантэ” и “Пикассо”. Корни растений опрыскивались мелко дисперсным специальным раствором каждые 20 минут.

Над каждым ростовым столом было размещено 4 светодиодных излучателя, имеющих в виде источника по 5 светодиодных блоков высокой мощности, изготовленных по технологии COB (Chiponboard). Осуществлялось принудительное охлаждение источников. Данные излучатели имеют так называемый полноспектральный состав светового потока, т.е. передают обслуживаемому агроценозу наиболее приближенный к естественному солнечному свету состав, что минимизирует специфические сортовые реакции на усиление количества передаваемой энергии светового потока в значимых – синей и красной спектральной составляющей. Так же использование такого спектрального состава при постановке лабораторных экспериментов, минимизирует риски изменения морфологических и фенотипических признаков исследуемых генотипов.

Конструкция лабораторных светильников с равномерным линейным расположением источников – излучателей позволяла равномерно распределять световой поток на поверхности стола. Каждое из растений, размещенных на ростовом столе, имело одинаковый уровень освещенности, что минимизировало риски аналитических учетных ошибок (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Характеристики световых излучателей, используемых в эксперименте

Table 1 – Characteristics of the light emitters used in the experiment

Излучатель	CCT	CRI	LUX	ППФД	ПФД-В	ПФД-Г	ПФД-Р	ПФД	ПФД-UV	ПФД-FR
COB (Chip on Board)	2463	80.1	16712	319.4	54.54	90.44	174.4	344.3	0.2970	24.63

Где: CCT – Коррелированная цветовая температура; CRI – Коэффициент цветопередачи; LUX – Освещенность, люкс; ППФД – Плотность фотосинтетического фотонного потока, мкмоль/м<sup>2</sup>с; ПФД-В – Плотность фотонного потока в синей зоне спектра 300-400 nm, мкмоль/м<sup>2</sup>с; ПФД-Г – Плотность фотонного потока в зеленой зоне спектра 400-700 nm, мкмоль/м<sup>2</sup>с; ПФД-Р – Плотность фотонного потока в красной зоне спектра 700-800 nm, мкмоль/м<sup>2</sup>с; ПФД – Плотность фотонного потока, мкмоль/м<sup>2</sup>с; ПФД-UV – Плотность фотонного потока в ультрафиолетовой зоне спектра 280-300 nm, мкмоль/м<sup>2</sup>с; ПФД-FR – Плотность фотонного потока в инфракрасной зоне спектра 700-800 nm, мкмоль/м<sup>2</sup>с.

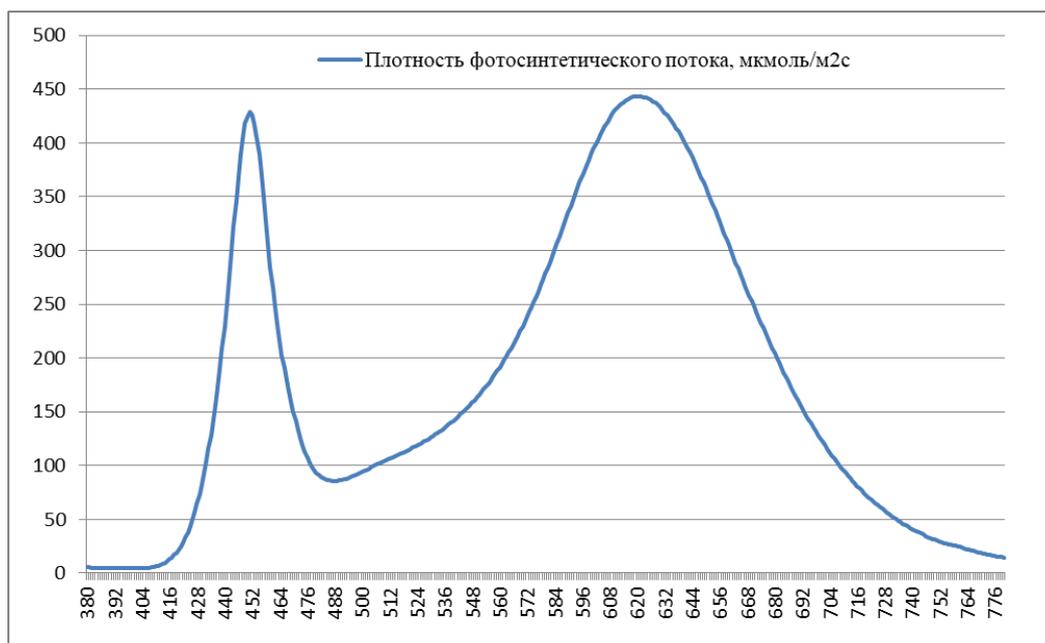


Рисунок 1 – График спектральной характеристики излучателей, использованных в эксперименте. По оси X – длина волны – нанометр, по оси Y – ПФД Плотность фотонного потока, мкмоль/м<sup>2</sup>с. Измерения осуществлены на плоскости ростового стола прибором UPRtek PG100N

Figure 1 – Graph of the spectral characteristics of the emitters used in the experiment. On the X axis – wavelength – nanometer, on the Y axis – PFD Photon flux density, μmol/m<sup>2</sup>s. Measurements were carried out on the plane of the growth table with the device UPRtek PG100N

Плотность фотосинтетического потока на ростовом столе составляет порядка 16000 люксов. Удаление светодиодных излучателей от ростового стола

составляет в зависимости от расположения растений варьирует в диапазоне от 900 до 1000 мм. По мере развития растений, вегетирующий листостебельный аппарат растений поднимается выше и расстояние между листовым аппаратом и источником света уменьшается, при этом значительно изменяется параметр освещенности в верхней точке, над поверхностью вегетирующей листостебельной массы параметр освещенности увеличивается до показателя в 32000 люксов. Соответственно изменяется и плотность фотосинтетического потока передаваемого источником света на листовую пластину, в верхней точке этот параметр имеет показатель в 750 мкмоль/м<sup>2</sup>с, сохраняя при этом данный показатель равномерно на всей площади расположения листового аппарата, достигшего в развитии определенного линейного размера.

Таблица 2 – Технологический режим получения миниклубней в условиях аэропоники

Table 2 – Technological mode of obtaining minitubers in aeroponic conditions

Режим	Фаза адаптации	Фаза роста	Фаза клубнеобразования
Фотопериод	16/8	16/8	12/12
Температура зоны листьев, °С	21	21-24	19
Температура зоны корней, °С	19	19	17
Режим питания	50% пит.р-р (5 дней).	100% пит. р-р	100% пит. р-р
Длительность фазы	10 дней	с 11 по 82-88 день	с 82-88 дня до отмирания ботвы

В таблицах 3,4 приводится развитие растений картофеля в условиях аэропоники. Урожай и его структуру учитывали путём взвешивания и подсчёта клубней отдельно по всем вариантам.

Таблица 3 – Развитие растений сортов картофеля в условиях аэропоники

Table 3 – Development of potato varieties in aeroponic conditions

Сорт	Образование столонов, сутки	Образование клубней, сутки	Длина вегетации, сутки
Ред Скарлетт	55	86	130
Сантэ	58	82	136
Регги (Пикассо)	64	89	136

Количество клубней на один куст, массу клубней с куста и фракционный состав (%) определяли соответственно “Методическим указаниям по экологическому испытанию картофеля” [4].

После цветения растений световой режим сокращался постепенно до 10-12 часового дня. Начало клубнеобразования наступило через 90 дней после высадки картофеля на установку.

**Таблица 4 – Продуктивность картофеля на аэропном модуле**

**Table 4 – Potato productivity on an aeroponic module**

Сорт	Количество высаженных растений, шт.	Количество клубней, шт.	Выход клубней на растение, шт./куст	Средняя масса клубня, г	Товарность, %	Урожай, г/куст
Ред Скарлетт 10 сборов	80	3207	40.1	7.6	82.3	306.2
Сантэ 9 сборов	40	2874	71.9	8.3	84.2	596.8
Регги (Пикассо) 7 сборов	40	1070	26.8	8.4	78.4	224.7

Проведено 7-9-10 сборов урожая клубней вручную через каждые 3-5 дней (табл. 4).



**Рисунок 2 – Клубнеобразование сорта “Ред Скарлетт” на аэропном модуле**

**Figure 2 – Tuber formation of the "Red Scarlett" variety on an aeroponic module**

**Заключение.** Подобран состав и режим питания растений картофеля на аэропонном модуле, выбраны режимы, мощность освещения и температуры воздуха. Каждый сбор картофеля составлял около 2-3 кг. Общий вес картофеля за десять сборов составил 24.5 кг. При этом с каждым сбором наблюдалось возрастание числа клубней с одного растения с 10-12 штук на куст до 30-45 шт./на куст. Масса одного микроклубня была небольшая и снижалась с 15-35 граммов до 7-8 г. Каждый куст за период вегетации сорта “Ред Скарлетт” произвел 306 г/на куст, при среднем числе клубней – 292 шт./куст.

### Список литературы

1. Большешапова, Н. И. Селекционная оценка гибридов картофеля предварительного испытания в условиях Иркутской области / Н. И. Большешапова, С. П. Бурлов, И. Ли // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 79. – С. 53-60. – EDN YLFXAB.
2. Большешапова Н.И. Аэро-гидропонный способ получения микроклубней картофеля в Иркутском ГАУ/ Н.И. Большешапова, С.П. Бурлов, И.Н. Коваленко // Междунар. науч.-практ. конф. “Селекция сельскохозяйственных растений и совершенствование технологии их возделывания” (27 февраля 2024 г.) //2024. - 7 с.
3. Бурлов, С.П. Бабр – перспективный сорт картофеля / С. П. Бурлов, Н. И. Большешапова // XII Междунар. науч.-практ. конф. “Климат, экология, сельское хозяйство Евразии” (27-28 апреля 2023 г.) //Молодежный: ИрГАУ, 2023.– С. 21-27.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов - М.: Агропромиздат, 1985.– 351 с.
5. Исаков, А.С. Продуктивность и структура урожая ранних сортов картофеля в условиях Иркутского района / А.С. Исаков, Д.М. Махуров, С.П. Бурлов // Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области// Матер. очно-заоч. науч.-практ. конф. посвящ. Дню Российской науки// Молодежный: ИрГАУ, 2023. – С. 143-144.
6. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей и иммунитету// М.: ВНИИКХ, 1995.– 195 с.
7. Методика исследований по культуре картофеля// М.: ВНИИКХ, 1967.– 365 с.
8. Овэс, Е.В. Сохранение сортовых ресурсов картофеля в полевой и in vitro коллекциях Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха. / Е. В.Овэс, Н.А.Гаитова, О.А. Шишкина / Биотехнология и селекция растений. – 2022. - 5(1). – С. 28-41. – <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2022-1-o5>.
9. Терентьева, Е. В. Аэропонный способ получения микроклубней картофеля / Е. В. Терентьева, О. В. Ткаченко // Изв.Тимирязевской СХА. – 2017. – № 1. – С. 75-84. – EDNYKMKFX.
10. Хутинаев О.С. Оптимизация спектрального состава освещения при гидропонном способе выращивания микроклубней / О.С. Хутинаев, С.М. Юрлова, Б.В. Анисимов // Картофелеводство. Междунар. науч.-практ. конф. “Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля”//М.: ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2014. – С. 188-194.

### References

1. Bol'sheshapova, N. I. Selektionnaia otsenka gibridov kartofelia predvaritel'nogo ispytaniia v usloviakh Irkutskoi oblasti [Selection evaluation of potato hybrids of preliminary testing in the conditions of Irkutsk region] Vestnik IrGSHA, 2017, no 79, pp. 53-60. EDN YLFXAB.
2. Bol'sheshapova N.I. Aerogidroponnyi sposob polucheniia miniklubnei kartofelia v Irkutskom GAU [Aerohydrophone method for producing potato minitubers in Irkutsk SAU]. Molodezhnyi: IrGAU, 2024, pp. 3-9.

3. Burlov, S.P. Babr – perspektivnyi sort kartofelia [Babr is a promising potato variety]. Molodezhnyi: IrGAU, 2023, pp. 21-27.
4. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta. [Field experience methodology]. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
5. Isakov, A. S. Produktivnost' i struktura urozhaiia rannikh sortov kartofelia v usloviakh Irkutskogo raiona [Productivity and yield structure of early potato varieties in the conditions of Irkutsk region]. Molodezhnyi: IrGAU, 2023, pp. 143-144.
6. Metodika issledovaniia po zashchite kartofelia ot boleznei, vreditel'ei i immunitetu [Research methods for protecting potatoes from diseases, pests and immunity]. Moscow: VNIKKH, 1995, 195 p.
7. Metodika issledovaniia po kul'ture kartofelia [Methods of research on potato culture]. Moscow: VNIKKH, 1967, 365 p.
8. Oves, E.V.. Sokhranenie sortovykh resursov kartofelia v polevoi i in vitro kolleksiakh Federal'nogo issledovatel'skogo tsentra kartofelia imeni A.G. Lorkha. [Preservation of potato varietal resources in the field and in vitro collections of the Federal Potato Research Center named after A.G. Lorch]. Biotekhnologiya i selektsiia rastenii, 2022, no.5(1), pp.28-41.
9. Terent'eva, E. V. Aeroponnyi sposob polucheniia mini-klubnei kartofelia [Aeroponic method for producing potato minitubers]. Izvestiia Timiriazevskoi sel'skokhoziaistvennoi akademii, 2017, no. 1, pp. 75-84.
10. Khutinaev O.S. Optimizatsiia spektral'nogo sostava osveshcheniia pri gidroponnomsposobe vyrashchivaniia miniklubnei [Optimization of the spectral composition of lighting in the hydroponic method of growing minitubers]. Moscow: GNU VNIKKH Rossel'khozakademii, 2014, pp. 188-194.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Большешапова Надежда Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией “Селекционно-генетический центр” кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований - селекция и семеноводство картофеля и полевых культур. Автор более 60 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail: nade1982@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3127-965X>.

Бурлов Сергей Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный

аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований: селекция и семеноводство картофеля и полевых культур. Автор более 118 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агронимический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail: 89501298375@yandex.ru, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0486-9056>.

Ковалев Алексей Николаевич – директор ООО “Селекционно-семеноводческая технологическая компания “Меристема”. Область исследований: селекция и семеноводства картофеля и полевых культур. Автор 3 научных публикаций.

**Контактная информация:** ООО “Селекционно-семеноводческая технологическая компания “Меристема. 620036, Россия, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Соболева, 19, e-mail: a.kovaiev@agross.pro.

Коваленко Ирина Николаевна – агроном-селекционер лаборатории “Селекционно-генетический центр” кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований - селекция и семеноводства картофеля и полевых культур. Автор более 17 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агронимический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail: kovalenko.28@mail.ru.

### **Information about authors**

Nadezhda I. Bolsheshapova – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the laboratory "Selection and genetic center" of Department of Agriculture and Plant Growing, Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - selection and seed production of potatoes and field crops. Author of over 60 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: nade1982@mail.ru, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-3127-965X>.

Sergey P. Burlov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production. FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky. Research area - selection and seed production of potatoes and field crops. Author of over 118 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: 89501298375@yandex.ru, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0486-9056>.

Alexey N. Kovalev – director of LLC “Selection and seed technology company “Meristema”, Research area: selection and seed production of potatoes and field crops. Author of 3 scientific publications.

**Contact information:** LLC “Selection and seed technology company “Meristema”. Soboлева str., 19, Yekaterinburg, Russia, 620362, e-mail: a.kovaiev@agross.pro.

Irina N. Kovalenko – agronomist and selectionist of the laboratory "Selection and genetic center" of Department of Agriculture and Plant Growing of Agronomy faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area: selection and seed production of potatoes and field crops. Author of over 17 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: kovalenko.28@mail.ru.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-16-24

УДК 633.11:631.559:633.1:631.531:011

Научная статья

## ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОНЕ ИЗВЕСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ДЛИТЕЛЬНОМ СТАЦИОНАРНОМ ОПЫТЕ В УСЛОВИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

<sup>1</sup>Н.Н. Дмитриев, <sup>2</sup>Е.Н. Дьяченко

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>Министерство сельского хозяйства Иркутской области, *г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по влиянию последействия минеральных удобрений на фоне извести на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта “Бурятская остистая” в длительном стационарном опыте в условиях Прибайкалья. Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ “Иркутский НИИСХ” в плодосменном севообороте: кукуруза, ячмень+клевер, клевер, пшеница в 2018-2019 гг. Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая. Предшественник – клеверный сидеральный пар. Минеральные удобрения под пшеницу не вносились. В среднем за 2 года, в зависимости от варианта опыта, получен урожай зерна яровой пшеницы 2.41-3.00 т/га. Длительное внесение извести в опыте и ее последействие в севообороте повысило урожайность зерна яровой пшеницы на 0.09-0.26 (10%). Наибольшая прибавка от последействия извести 3-го года отмечена в варианте P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. В среднем за 2018-2019 гг. масса 1000 зерен во всех вариантах опыта была высокой и составила 35.8-38.3 г в зависимости от варианта опыта. Различий в зависимости от вариантов опыта не выявлено. Наиболее эффективным был вариант с комплексным внесением NPK на фоне извести, прибавка урожайности зерна яровой пшеницы составила 0.50 т/га, при содержании белка 16.1% и клейковины 31.3%. На известкованном фоне в годы исследований содержание клейковины возрастало незначительно в сравнении с контролем. Достоверного влияния последействия минеральных удобрений на этот показатель не отмечено. Показатели качества зерна яровой пшеницы: натура, стекловидность, сырая клетчатка, содержание крахмала и фосфора не зависели от последействия минеральных удобрений и извести.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, севооборот, сидерация, минеральные и известковые удобрения, урожайность, качество зерна.

**Для цитирования:** Дмитриев Н.Н., Дьяченко Е.Н. Влияние последействия минеральных удобрений на фоне извести на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в длительном стационарном опыте в условиях Прибайкалья. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 16-24. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-16-24.

## INFLUENCE OF THE AFTEREFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AGAINST THE BACKGROUND OF LIME ON THE YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN IN A LONG-TERM STATIONARY EXPERIMENT IN THE BAIKAL REGION

<sup>1</sup>Nikolay N. Dmitriev, <sup>2</sup>Evgeniya N. D'yachenko

<sup>1</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup>Ministry of Agriculture of Irkutsk region, *Irkutsk, Russia*

**Abstract.** The results of studies on the influence of the aftereffect of mineral fertilizers against the background of lime on the yield and grain quality of spring wheat of the "Buryatskaya ostistaya" variety in a long-term stationary experiment in the conditions of the Pre-Baikal region are presented. The studies were carried out on the experimental field of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Irkutsk Research Institute of Agriculture" in a crop rotation: corn, barley + clover, clover, wheat in 2018-2019. The soil of the experimental plot is grey forest heavy loam. The predecessor is clover green manure fallow. Mineral fertilizers for wheat were not applied. On average, over 2 years, depending on the experimental variant, the yield of spring wheat grain was 2.41-3.00 t/ha. Long-term application of lime in the experiment and its aftereffect in crop rotation increased the grain yield of spring wheat by 0.09-0.26 (10%). The greatest increase from the aftereffect of lime in the 3rd year was noted in the variant P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. On average, for 2018-2019, the weight of 1000 grains in all experimental variants was high and amounted to 35.8-38.3 g, depending on the experimental variant. No differences were found depending on the experimental variants. The most effective option was the one with the complex application of NPK against the background of lime; the increase in the yield of spring wheat grain was 0.50 t/ha, with a protein content of 16.1% and gluten of 31.3%. On a limed background during the research years, the gluten content increased slightly compared to the control. No reliable influence of the aftereffect of mineral fertilizers on this indicator was noted. Grain quality indicators of spring wheat: natural weight, vitreousness, crude fiber, starch and phosphorus content did not depend on the aftereffect of mineral fertilizers and lime.

**Keywords:** spring wheat, crop rotation, green manure, aftereffect of mineral and lime fertilizers, yield, grain quality.

**For citation:** Dmitriev N.N., D'yachenko E.N. Influence of the aftereffect of mineral fertilizers against the background of lime on the yield and quality of spring wheat grain in a long-term stationary experiment in the Baikal region. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2024; 6 (125): 16-24. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-16-24.

**Введение.** Приоритетным направлением в развитии сельскохозяйственного производства в настоящее время остается повышение объема и качества производственного зерна [9]. Вследствие роста урожайности и снижения доз применяемых минеральных удобрений наблюдается тенденция снижения качества зерна пшеницы [11]. Формирование качества определяется как наследственными особенностями, так и комплексом почвенно-климатических и агротехнических условий [12]. Одним из факторов, который

оказывает существенное влияние на качество получаемой продукции, являются минеральные удобрения [6]. В понятие “качества зерна” может входить более 20 показателей в зависимости от назначения [4]. Применительно к яровой пшенице, среди основных качественных хлебопекарных показателей (согласно ГОСТ 9353-2016), необходимо отметить содержание клейковины и ее качество, натуру зерна [7].

Положительная роль азотных удобрений в накоплении белка и улучшении физических свойств клейковины в зерне пшеницы доказана многими исследованиями [5, 8, 13].

**Цель** – изучить влияние последствий минеральных удобрений на фоне известки на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

**Материал и методики.** Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ “Иркутский НИИСХ” в плодосменном севообороте: кукуруза, ячмень+клевер, клевер, пшеница в 2018-2019 гг. Объект исследования – сорт яровой пшеницы “Бурятская остистая”. Исходная характеристика почвы: серая лесная кислая тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса 3.7...4.0%; общего азота – 0.25%;  $pH_{\text{сол.}}$  – 3.9...4.4; Нг – 10.1...11.9 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями 68.4...72.1%, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 100...120, обменного калия – 80...100 мг/кг почвы. Схема двухфакторного опыта предусматривала следующие варианты: известкование – без известки, известь по 0.5 г.к. (5,7 т/га); удобрение – без удобрений, NP, PK, NK, NPK. Под предшествующую культуру – ячмень с подсевом клевера вносили минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий) в дозе 30 кг д.в. по вариантам опыта.

В качестве мелиоранта использовали известняковую муку с содержанием  $CaCO_3$  85%, которую вносили из расчета 0.5 Нг (5.7 т/га) под кукурузу (гибрид “Катерина СВ”) один раз в 4 года.

Позднеспелый сорт яровой пшеницы “Бурятская остистая” высевали по клеверному пару, без внесения минеральных удобрений после ранне-весеннего боронования, с последующим прикатыванием 12-15 мая. Норма высева 7 млн. всхожих зерен на 1 га. Посев проводили сеялкой СНП-1.6. Уход за посевами включал в себя послепосевное прикатывание, при необходимости обработка гербицидами и инсектицидами. Уборка поделяночная прямым комбайнированием “Сампо-500”. Площади посевной делянки 122.5 м<sup>2</sup>, учетной – 80.5 м<sup>2</sup>. Повторность 4-кратная, размещение делянок однорядное, последовательное. Показатели качества зерна определяли в агрохимической лаборатории ФГБНУ “Иркутский НИИСХ”: натура зерна по ГОСТ Р 54895-2012 [3], стекловидность по ГОСТ 10987-76 [1], масса 1000 семян по ГОСТ 12042-80 [2] и в лаборатории ИрГАУ на ИнфраЛЮМе ФТ-12. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью пакета прикладных программ Snedekor [10].

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались от среднееголетних данных. За вегетационные периоды 2018-2019 гг.

количество осадков составило 276 и 294 мм, что ниже нормы на 20% и 15% в 2018 г. и 2019 г., соответственно. Недобор по осадкам в 2018 г в мае и июне составил 47 и 57%, в 2019 г. в мае – 73%, что отрицательно сказалось на росте и развитии яровой пшеницы (таблица 1).

Среднесуточная температура воздуха в вегетационные периоды 2018-2019 гг. была выше среднемноголетней нормы (12.5 °С) и составила 15.3°С и 14.9°С, соответственно, при среднемноголетней, что оказало отрицательное влияние на развитие пшеницы.

**Результаты и их обсуждение.** На посевах пшеницы изучали последствие минеральных удобрений 2 года и извести 3 года. Проведенные исследования показали, что в среднем за 2018-2019 гг. урожайность яровой пшеницы на фоне без извести составила 2.41-2.85 т/га, а на произвесткованном фоне – 2.50-3.00 т/га (табл. 2).

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов 2018-2019 гг.

Table 1 – Meteorological conditions of the growing seasons 2018-2019

Месяц	Годы		Среднемноголетнее значение	Различие,+;-	
	2018	2019		2018	2019
Среднемесячная температура воздуха, °С					
Май	10.6	7.4	9.1	+1.5	-1.7
Июнь	19.8	17.1	14.7	+5.1	+2.4
Июль	18.3	20.3	16.3	+2.0	+4.0
Август	18.4	17.3	14.6	+3.8	+2.7
Сентябрь	9.4	12.3	7.6	+1.8	+4.7
Среднее	15.3	14.9	12.5	+2.8	+2.4
Количество осадков, мм					
Май	16.1	8.1	30.4	-14.3	-22.3
Июнь	27.0	71.7	62.5	-35.5	+9.2
Июль	77.1	99.3	110.6	-33.5	-11.3
Август	99.9	48.5	95.0	+4.9	-46.5
Сентябрь	56.1	66.7	46.9	+9.2	+19.8
Среднее	276.2	294.3	345.7	-69.5	-51.4

Наибольший урожай зерна пшеницы 3.00 т/га отмечен в варианте последствия полного минерального удобрения (N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) на произвесткованном фоне, что на 0.59 т/га (24%) выше, чем в варианте без удобрений (контроль). Последствие минеральных удобрений обеспечило увеличение урожая зерна пшеницы на фоне без внесения извести и произвесткованном фоне на 0.18-0.44 т/га (6-18%) и 0.28-0.50 т/га (11-20%) соответственно. При двойном сочетании минеральных удобрений и извести их эффективность оказалась одинаковой, с некоторым преимуществом варианта N<sub>30</sub>K<sub>30</sub> над N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> и P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>.

Таблица 2 – Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от последействия известковых и минеральных удобрений, среднее за 2018-2019 гг.

Table 2 – Grain yield of spring wheat depending on the aftereffect of lime and mineral fertilizers, average for 2018-2019

Вариант	Урожайность, т/га		Прибавка		
	фон-без извести	фон-известь по 0.5 г.к.	от последействия удобрений		от последействия извести
			фон – без извести	фон – известь 0.5 г.к.	
Без удобрений (контроль)	2.41	2.50	-	-	0.09
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	2.59	2.78	0.18	0.28	0.19
P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2.57	2.83	0.16	0.33	0.26
N <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2.69	2.85	0.28	0.35	0.16
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2.85	3.00	0.44	0.50	0.15
НСР <sub>05</sub> общая 0.04					
НСР <sub>05</sub> извести 0.08					
НСР <sub>05</sub> удобрений 0.12					

Длительное внесение извести в опыте и ее последействие в севообороте повысило урожайность зерна яровой пшеницы на 0.09-0.26 (10%). Наибольшая прибавка от последействия извести 3 года отмечена в варианте P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>.

В среднем за 2018 - 2019 гг. масса 1000 зерен во всех вариантах опыта была высокой и составила 35.8-38.3 г в зависимости от варианта опыта. Различий в зависимости от вариантов опыта не выявлено (табл. 3).

Наибольшее содержание белка и клейковины в зерне пшеницы отмечено при последействии полного минерального (NPK) удобрения и извести и составило соответственно 16.1 и 31.3%, что на 0.8 и 2.9% выше, чем на контроле. Среднее содержание белка в зерне составило 15.3 и 15.8% по двум фонам соответственно. Последействие извести оказывало положительное влияние на содержание белка в зерне. Повышение составило 3-5%.

Среднее содержание клейковины по двум фонам составило 29 и 30.4% соответственно. Достоверного влияния последействия минеральных удобрений на этот показатель не отмечено. На известкованном фоне в годы исследований содержание клейковины возросло незначительно в сравнении с контролем.

Показатели качества зерна яровой пшеницы: натура, стекловидность, сырая клетчатка, содержание крахмала и фосфора не зависели от последействия минеральных удобрений и извести.

В среднем по вариантам опыта их величина составила на естественном и известкованном фонах: 776.0 и 760.1%; 38.6 и 38.2%; 2.32 и 2.25%; 50.42 и 49.58% соответственно. Содержание фосфора по двум фонам составило 0.39%.

Таблица 3 – Влияние последействия 1-го года минеральных удобрений и 2-го года извести на качество зерна пшеницы в среднем за 2018-2019 гг.

Table 3 – The impact of the aftereffect of the 1st year of mineral fertilizers and the 2nd year of lime on the quality of wheat grain on average for 2018-2019

Вариант опыта	Масса 1000 зерен, г	Разница с контролем		Белок, %	Разница с контролем		Клейковина, %	Разница с контролем		Нагрузка зерна, г/л	Разница с контролем		Стекловидность, %		Разница с контролем	
		от удобрений	от извести		от удобрений	от извести		от удобрений	от извести		от удобрений	от извести	от удобрений	от извести		
Контроль	35.8	–	–	15.3	–	–	28.4	–	–	769.2	–	–	38.5	–	–	–
	37.4	–	1.6	15.7	–	0.4	30.0	–	1.6	760.7	–	–	37.9	–	–	–
NP	38.3	2.5	–	15.1	–0.2	–	28.5	0.1	–	774.3	5.1	–	38.5	–	–	–
	37.0	–0.4	–1.3	15.6	–0.1	0.5	29.8	–0.2	1.3	757.0	0	–	38.0	–	–	–0.5
PK	38.2	2.4	–	15.4	0.1	–	29.2	0.8	–	787.1	17.9	–	38.6	–	–	–
	37.0	–0.4	–1.2	15.9	0.2	0.5	30.7	0.7	1.5	758.2	–2.5	–	38.3	–	–	–0.3
NK	37.7	1.9	–	15.4	0.1	–	29.3	0.9	–	774.2	5.0	–	38.7	–	–	–
	37.1	–0.3	0.1	15.8	0.1	0.4	30.3	0.3	1.0	763.5	2.8	–	38.3	–	–	–0.4
NPK	38.0	2.2	–	15.4	0.1	–	29.5	1.1	–	775.4	6.2	–	38.7	–	–	–
	37.2	–0.2	–0.8	16.1	0.4	0.7	31.3	1.3	1.8	761.0	0.3	–	38.4	–	–	–0.3
НСР <sub>общая</sub>		12.1			0.5			3.1			50.2					4.6
НСР <sub>извести</sub>		5.4			0.3			1.4			22.5					2.1
НСР <sub>удобрения</sub>		8.5			0.4			2.2			35.5					3.3

Примечание – в числителе – фон без извести, в знаменателе – фон извести 0.5 Нг.

**Заключение.** Последствие комплексного применения минеральных удобрений (NPK) 2 года и извести 3 года способствовало получению урожая зерна яровой пшеницы до 3.00 т/га с содержанием белка 16.1% и клейковины 31.3%. Последствие минеральных удобрений и извести на другие показатели качества зерна (масса 1000 зерен, натурная масса, стекловидность, сырая клетчатка, содержание крахмала и фосфора) не выявлено.

#### Список литературы

1. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 4 с.
2. ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – М.: Стандартинформ, 2011. – 3 с.
3. ГОСТ Р 54895-2012. Зерно. Методы определения природы. – М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.
4. Гостев, А.В. Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих агротехнологиях ЦЧР / А.В. Гостев // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 16-20.
5. Каргин, В.И. Влияние средств химизации на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / В.И. Каргин, А.А. Ерофеев, Р.А. Захаркина, Ю.И. Каргин // Защита и карантин растений. – 2009. – № 10. – С. 29-32.
6. Мальцев, В.Т. Азотные удобрения в Приангарье: Монография / В.Т. Мальцев – Новосибирск: РАСХ СО, Иркутский НИИСХ, 2001. – 272 с.
7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9353-2016 “Пшеница. Технические условия” //М.: ФГУП “Стандартинформ”, 2016. – 11 с.
8. Разина, А.А. Качество зерна и урожайность яровой пшеницы при комплексном использовании средств защиты растений и удобрений /А.А. Разина, О.Г. Дятлова // Вестник ИрГСХА. – 2016. – № 76. – С. 78-84.
9. Синещеков, В.Е. Содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы при минимизации обработки чернозема выщелоченного / В.Е. Синещеков, Г.И. Ткаченко // Сибирский вестник сельскохозяйственные науки. – 2016. – № 2. – С. 19-27.
10. Сорокин, О.Д. Применение персонального компьютера для обработки результатов исследования / О.Д. Сорокин // Стратегия и тактика исследований на основе теории планирования эксперимента: методические рекомендации// Новосибирск: РАСХ СО, 1999. – С. 97-107.
11. Хлесткина, Е.К. Перспективные возможности использования молекулярно-генетических подходов для управления технологическими свойствами зерна пшеницы в контексте цепочки “зерно-мука-хлеб” / Е.К. Хлесткина, Т.А. Пшеничникова, Н.И. Усенко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2011. – № 20 (4). – С. 511-527.
12. Хлесткина, Е.К. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (обзор) / Е.К. Хлесткина, Е.В. Журавлева, Т.А. Пшеничникова, Н.И. Усенко и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. - №3. – С. 501-514.
13. Шелахова, М.В. Продуктивность сортов зерновых культур в зависимости от фонов минерального питания / М.В. Шелахова, И.Н. Романова, С.Е. Терентьев, С.М. Князева, Т.И. Рыбченко, А.М. Рыбаков // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 2. – С. 57-60.

#### References

1. GOST 10987-76. Zerno. Metody opredeleniya steklovidnosti [GOST 10987-76. Grain. Methods for determining vitreousness]. Moscow: Standartinform, 2009, 4 p.

2. GOST 12042-80 Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya massy 1000 semyan [GOST 12042-80 Seeds of agricultural crops. Methods for determining the mass of 1000 seeds]. Moscow: Standartinform, 2011, 3 p.
3. GOST R 54895-2012. Zerno. Metody opredeleniya natury [GOST R 54895-2012. Grain. Methods for determining natural weight]. Moscow: Standartinform, 2013, 8 p.
4. Gostev, A.V. Usloviya formirovaniya zerna vysokogo kachestva v vysoproductivnyh resursosberegayushchih agrotekhnologiyah CCHR [Conditions for the formation of high-quality grain in highly productive resource-saving agricultural technologies of the Central Black Earth Region]. Zemledelie, 2019, no. 6, pp. 16-20.
5. Kargin, V.I. et al. Vliyanie sredstv himizacii na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy [The influence of chemicals on the yield and quality of spring wheat grain]. Zashchita i karantin rastenij, 2009, no. 10, pp. 29-32.
6. Mal'cev, V.T. Azotnye udobreniya v Priangar'e [Nitrogen fertilizers in the Angara region]. Novosibirsk: RASKH. Sib. otd-nie. Irkutskij NIISKH, 2001, 272 p.
7. Mezhgosudarstvennyj standart GOST 9353-2016 “Pshenica. Tekhnicheskie usloviya” [Interstate standard GOST 9353-2016 “Wheat. Technical conditions”]. Moscow: “Standartinform”, 2016, 11 p.
8. Razina, A.A., Dyatlova, O.G. Kachestvo zerna i urozhajnost' yarovoj pshenicy pri kompleksnom ispol'zovanii sredstv zashchity rastenij i udobrenij [Grain quality and yield of spring wheat with the integrated use of plant protection products and fertilizers]. Vestnik IrGSHA, 2016, no. 76, pp. 78-84.
9. Sineshchekov, V.E., Tkachenko, G.I. Soderzhanie syroj klejkoviny v zerne yarovoj pshenicy pri minimizacii obrabotki chernozema vyshchelochennogo [Content of crude gluten in spring wheat grain with minimization of processing of leached chernozem]. Sibirskij vestnik s.-h. nauki, 2016, no. 2, pp. 19-27.
10. Sorokin, O.D. Primenenie personal'nogo komp'yutera dlya obrabotki rezul'tatov issledovaniya [Using a personal computer to process research results]. Novosibirsk, 1999, pp. 97-107.
11. Hlestkina, E.K. et al. Perspektivnye vozmozhnosti ispol'zovaniya molekulyarno-geneticheskikh podhodov dlya upravleniya tekhnologicheskimi svojstvami zerna pshenicy v kontekste cepochki “zerno-muka-hleb” [Promising possibilities of using molecular genetic approaches to manage technological properties of wheat grain in the context of the grain-flour-bread chain]. Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii, 2011, no. 20 (4), pp. 511-527.
12. Hlestkina, E.K. et al. Realizaciya geneticheskogo potentsiala sortov myagkoj pshenicy pod vliyaniem uslovij vneshnej sredy: sovremennye vozmozhnosti uluchsheniya kachestva zerna i hlebopekarnoj produkcii (obzor) [Realization of the genetic potential of soft wheat varieties under the influence of environmental conditions: modern possibilities for improving the quality of grain and bakery products (review)]. Sel'skohozyajstvennaya biologiya, 2017, vol. 52, no.3, pp. 501-514.
13. Shelahova, M.V. et al. Produktivnost' sortov zernovyh kul'tur v zavisimosti ot fonov mineral'nogo pitaniya [Productivity of grain crop varieties depending on mineral nutrition backgrounds]. Zernovoe hozyajstvo Rossii, 2012, no. 2, pp. 57-60.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 28.10.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 15.11.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Дмитриев Николай Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского. Область научных исследований – система земледелия Предбайкалья. Автор и соавтор 5 монографий и свыше 100 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail: rector@igsha.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9907-8355>.

Дьяченко Евгения Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, консультант отдела растениеводства с механизацией министерства сельского хозяйства Иркутской области. Область научных исследований – агрохимия почв Иркутской области. Автор и соавтор 5 монографий и свыше 100 научных публикаций.

**Контактная информация:** Министерство сельского хозяйства Иркутской области. 664011, Россия, г. Иркутск, ул. Горького. 31, e-mail: agrohim\_170@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2014-3263>.

### **Information about authors**

Nikolay N. Dmitriev – Doctor of Agricultural Sciences, Rector of FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area – the farming system of the Pre-Baikal region. Author and co-author of 5 monographs and over 100 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038; e-mail: rector@igsha.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9907-8355>.

Evgeniya N. D'yachenko – candidate of agricultural sciences, consultant of the department of plant growing with mechanization of the Ministry of Agriculture of Irkutsk region. The area of scientific research is agrochemistry of soils of Irkutsk region. Author and co-author of 5 monographs and over 100 scientific publications.

**Contact information:** Ministry of Agriculture of Irkutsk region. 31 Gorky str., Irkutsk, Russia, 664011; e-mail: agrohim\_170@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2014-3263>.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-25-36

УДК 004.94:633/.635

## МНОГОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА РАЗНЫХ СТУПЕНЯХ АГРЕГИРОВАНИЯ

<sup>1</sup>Я.М. Иваньо, <sup>1</sup>С.А. Петрова, <sup>1</sup>М.Н. Полковская, <sup>2</sup>И.А. Собиров

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, *Куйган яр, Узбекистан*

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы моделирования производства растениеводческой продукции на разных ступенях агрегирования, что имеет значение для единого планирования аграрного производства хозяйствами, группами хозяйств, муниципальными районами, агроландшафтными территориями и регионом. Подобная система планирования позволяет выработать общий вектор развития отрасли и сочетания отраслей сельского хозяйства. Между тем производственные показатели планов, хотя и имеют общую тенденцию роста, тем не менее, должны учитывать изменчивость природно-климатических условий и факторы хозяйственной деятельности. Поэтому предлагается осуществлять планирование с учетом усредненных, благоприятных и неблагоприятных условий деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей. Методика многоуровневой оптимизации на разных ступенях агрегирования включает в себя две группы операций. Первая из них связана с построением трендовых многоуровневых моделей с предварительным выделением из временных рядов локальных минимумов и максимумов и последующим прогнозированием производственно-экономических показателей на многолетнюю среднесрочную перспективу. При отсутствии многоуровневых трендов осуществляется вероятностная оценка средних значений локальных минимумов и максимумов с предположением об их постоянстве на протяжении принятой заблаговременности. Вторая группа операций предполагает построение моделей оптимизации производства растениеводческой продукции на основе задачи параметрического программирования с параметром в виде времени с элементарным шагом один год. При этом решением задач параметрического программирования являются оптимальные показатели для разных уровней, соответствующих максимальным доходам. Полученные на первой ступени результаты объединяются с помощью модели агрегирования на следующей ступени. Таким образом, конечным результатом моделирования являются оптимальные показатели планов на завершающей ступени агрегирования. Для примера в работе реализована модель оптимизации производства растениеводческой продукции для двух ступеней: 1) муниципальных районов (Нижнеудинский, Тайшетский, Чунский); 2) Северо-западного таежно-подтаежный агроландшафтного района, объединяющего перечисленные районы. Приведены результаты планирования для благоприятных усредненных и неблагоприятных условий.

**Ключевые слова:** многоуровневое моделирование, растениеводство, оптимизация, планирование, условия деятельности, агрегирование.

**Для цитирования:** Иваньо Я.М., Петрова С.А., Полковская М.Н., Собиров И.А. Многоуровневое моделирование производства растениеводческой продукции на разных ступенях агрегирования. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 25-36. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-25-36.

## MULTILEVEL MODELING OF CROP PRODUCTION AT DIFFERENT STAGES OF AGGREGATION

<sup>1</sup>Yaroslav M. Ivanyo, <sup>1</sup>Sofia A. Petrova, <sup>1</sup>Marina N. Polkovskaya, <sup>2</sup>Ikhomjon A. Sobirov

<sup>1</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup>Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnology, *Kuyganyor, Uzbekistan*

**Abstract.** The issues of modeling the production of plant products at different stages of aggregation are considered, which is important for the unified planning of agricultural production by farms, groups of farms, municipal districts, agro-landscape territories, and the region. Such a planning system allows us to develop a general vector for the development of the industry and the combination of agricultural sectors. Meanwhile, the production indicators of the plans, although they have a general growth trend, nevertheless, they must take into account the variability of natural and climatic conditions and factors of economic activity. Therefore, it is proposed to carry out planning taking into account the average, favorable and unfavorable conditions of activity of agricultural producers. The technique of multilevel optimization at different stages of aggregation includes two groups of operations. The first of them is related to the construction of trend multilevel models with preliminary allocation of local minima and maxima from time series and subsequent forecasting of production and economic indicators for the long-term medium term. In the absence of multilevel trends, a probabilistic assessment of the average values of local minima and maxima is carried out with the assumption of their constancy throughout the accepted lead time. The second group of operations involves building models for optimizing crop production based on a parametric programming problem with a parameter in the form of time with an elementary step of one year. At the same time, optimal indicators for different levels corresponding to maximum incomes are the solution to parametric programming problems. The results obtained at the first stage are combined using an aggregation model at the next stage. Thus, the final result of the modeling is the optimal indicators of the plans at the final stage of aggregation. As an example, the paper implements a model for optimizing the production of crop products for two stages: 1) municipal districts (Nizhneudinsky, Taishetsky, Chunsky); 2) The Northwestern taiga-subtaiga agro-landscape area combining the listed areas. The results of planning for favorable average and unfavorable conditions are presented.

**Keywords:** multilevel modeling, crop production, optimization, planning, business conditions, aggregation.

**For citation:** Ivanyo Ya.M., Petrova S.A., Polkovskaya M.N., Sobirov I.A. Multilevel modeling of crop production at different stages of aggregation. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 25-36. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-25-36.

**Введение.** Оценка перспективы производства растениеводческой продукции является важной для сельскохозяйственных товаропроизводителей, поскольку необходимо заранее планировать ее сбыт или переработку, а также подготовить места хранения [1, 6]. Для планирования производства могут использоваться задачи параметрического программирования, показатели которых обладают динамико-стохастическими свойствами [5]. При этом

планирование осуществляется на разных уровнях агрегирования: хозяйство, группа хозяйств, муниципальный район, однородная природно-климатическая территория, сельскохозяйственная зона, регион. В свою очередь муниципальные районы могут быть сгруппированы в агроландшафтные [10]. Организация планирования аграрного производства на разных уровнях агрегирования позволяет выработать единую стратегию развития, как для региона, так и его природно-административных составляющих, первичным элементом которых является хозяйство. Между тем планирование должно учитывать разные производственные и климатические условия деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя, поэтому с этой точки зрения оно должно быть многоуровневым – описывать усредненные, благоприятные и неблагоприятные условия, а также маловероятные события, приносящие значительные ущербы или весомый дополнительный доход. Для решения задач многоуровневого планирования и прогнозирования предлагается использовать многоуровневые тренды производственно-экономических показателей, характеризующие низкие, усредненные и высокие значения. Из многих работ, посвященных этому вопросу, выделим статью [4], в которой описывается алгоритм построения многоуровневых трендов для урожайности сельскохозяйственных культур, определения вероятных событий и пример реализации моделей. Таким образом, планирование аграрного производства должно основываться на моделировании динамико-стохастических показателей. В дополнение к этому отметим результаты исследования, приведённые в работе [8], по моделированию стратегического поведения экономических субъектов с использованием параметрического управления, а также работу [1], в которой рассматриваются направления развития растениеводства.

**Цель** - многоуровневое моделирование производства растениеводческой продукции на разных ступенях агрегирования для решения задач планирования.

**Материалы и методы.** Для выделения последовательностей локальных минимумов и максимумов производственно-экономических показателей использована методика, предложенная в работе [3]. Для вычисления параметров многоуровневых трендов применен регрессионный анализ [9]. Для описания трендов использована степенная и линейная функции. В качестве вероятностного распределения для оценки случайных показателей выбран закон распределения Пирсона III типа [11].

При построении модели планирования производства растениеводческой продукции применены методы параметрического программирования. В качестве первой ступени агрегирования использованы муниципальные районы, объединенные на второй ступени в агроландшафтный район. Предложенная методика апробирована на примере отрасли растениеводства для Нижнеудинского, Тайшетского и Чунского муниципальных районов, входящих в Северо-западный таежно-подтаежный агроландшафтный район [10].

**Результаты и их обсуждение.** Методика многоуровневого планирования производства растениеводческой продукции на основе задачи параметрического

программирования с учетом многоуровневых прогнозов производственно-экономических показателей состоит из двух видов операций: прогнозирование показателей на основе разработанных моделей и построение планов на основе экстремальной задачи. При этом планы создаются на первой и на второй ступенях агрегирования. В конкретном случае это отдельные районы и агроландшафтный район или территория.

Рассмотрим операции разработки моделей и прогнозирования. Одним из показателей, обладающих динамико-стохастическими свойствами, является урожайность сельскохозяйственных культур. В таблице 1 приведены трендовые модели и их статистические параметры, полученные по многолетним данным об урожайности сельскохозяйственных культур  $y_t$  в Северо-западном таежно-подтаежном агроландшафтном районе за 1996 – 2023 гг. и прогностические значения для разных уровней ряда, отражающих условия получения растениеводческой продукции. В приведенных уравнениях  $t$  характеризует номер года. В качестве исходных данных выбраны урожайности зерновых культур (пшеница, ячмень, овес), картофеля и овощей (капуста, свекла). Полученные зависимости имеют линейный и степенной вид. При этом для рядов картофеля, капусты и свеклы по всем муниципальным районам значимых трендов не найдено. Кроме того, отсутствуют устойчивые тенденции в рядах ячменя в Тайшетском и Чунском районах, овса – в Чунском районе.

Таблица 1 – Характеристики трендов всего ряда, локальных минимумов и максимумов для урожайности сельскохозяйственных культур в Северо-Западном таежно-подтаежном агроландшафтном районе за 1996 – 2023 гг. и прогностические значения

Table 1 - Characteristics of trends of the whole series, local minima and maxima for crop yields in the North-Western taiga-podtaezhny agrolandscape region for 1996 - 2023 and forecast values

Уровень	Уравнение	$R^2$	F-критерий	Уровень значимости	t-статистика	Прогноз	
						2025	2027
1	2	3	4	5	6	7	8
Урожайность пшеницы, ц/га							
Нижеудинский район							
Весь ряд	$y_t = 8.95t^{0.22}$	0.62	38.1	$2.7 \times 10^{-6}$	6.2	18.4	18.7
Нижний	$y_t = 6.52t^{0.30}$	0.76	12.9	$2.3 \times 10^{-2}$	3.6	17.6	18.0
Верхний	$y_t = 9.43t^{0.25}$	0.91	50.1	$8.7 \times 10^{-4}$	7.1	21.3	21.7
Тайшетский район							
Весь ряд	$y_t = 9.45t^{0.16}$	0.5	22.7	$8.3 \times 10^{-5}$	4.8	15.9	16.1
Нижний	$y_t = 8.31t^{0.17}$	0.58	4.2	$1.3 \times 10^{-1}$	2.0	14.7	14.9
Верхний	$y_t = 10.9t^{0.90}$	0.83	18.9	$1.2 \times 10^{-2}$	4.3	18.1	18.3
Чунский район							
Весь ряд	$y_t = 5.75t^{0.35}$	0.63	39.1	$2.2 \times 10^{-6}$	6.2	18.2	18.7
Нижний	$y_t = 3.97t^{0.40}$	0.8	15.6	$1.7 \times 10^{-2}$	3.9	14.7	15.1
Верхний	$y_t = 5.26t^{0.44}$	0.9	34.4	$4.2 \times 10^{-3}$	5.9	22.1	22.8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Урожайность ячменя, ц/га							
Нижеудинский район							
Весь ряд	$y_t = 0.43t + 9.81$	0.65	42.6	$1.2 \times 10^{-6}$	6.5	21.3	22.2
Нижний	$y_t = 0.33t + 7.10$	0.89	34.4	$9.9 \times 10^{-3}$	5.9	18.5	19.3
Верхний	$y_t = 0.50t + 10.48$	0.82	14.7	$1.8 \times 10^{-2}$	3.8	23.0	23.8
Урожайность овса, ц/га							
Нижеудинский район							
Весь ряд	$y_t = 7.16t^{0.25}$	0.58	31.6	$1.0 \times 10^{-5}$	5.6	16.2	16.5
Нижний	$y_t = 4.84t^{0.35}$	0.85	34.0	$1.1 \times 10^{-3}$	5.8	15.1	15.5
Верхний	$y_t = 9.37t^{0.18}$	0.58	8.3	$2.8 \times 10^{-2}$	2.9	16.8	17.1
Тайшетский район							
Весь ряд	$y_t = 0.25t + 10.37$	0.51	23.4	$6.9 \times 10^{-5}$	4.8	17.0	17.5
Нижний	$y_t = 0.31t + 7.97$	0.75	11.9	$2.6 \times 10^{-2}$	3.5	16.4	17.0
Верхний	$y_t = 0.26t + 11.64$	0.62	6.5	$6.3 \times 10^{-2}$	2.6	18.6	19.1

В случае стохастической особенности временных рядов для определения вероятности урожайности сельскохозяйственных культур в благоприятных и неблагоприятных условиях оценивались средние значения всех уровней ряда, локальных минимумов и максимумов с использованием распределения Пирсона III типа. В таблице 2 приведены средние значения различных уровней рассматриваемого показателя и их вероятности.

Целевая функция характеризует максимум дохода:

$$f = \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} c_{is}^l x_{is} \rightarrow \max \quad (1)$$

при условиях:

1) ограниченности производственных ресурсов

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S} a_{isz}^l x_{is} \leq A_z^l, \quad z \in Z; \quad (2)$$

2) ограниченность по площадям сельскохозяйственных угодий

$$\sum_{s \in S} x_{is} \leq B_i; \quad (3)$$

3) производства конечной продукции заданного объема

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S} y_{iqs}^{lp}(t) x_{is} \geq V_q^l, \quad q \in Q; \quad (4)$$

4) определенного количества вносимых удобрений и средств защиты растений

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S} b_{ism}^l x_{is} \leq B_m^l, \quad m \in M; \quad (5)$$

5) неотрицательности переменных

$$x_{is} \geq 0, \quad (6)$$

где  $x_{is}$  – искомая переменная, площадь культуры для предприятия  $i$  или группы производителей муниципального района  $i$ ;  $l$  – номер уровня тренда

(усредненные условия – 1, благоприятные условия – 2, неблагоприятные условия – 3);  $c_{is}^l$  – доход от производства единицы культуры  $s$  для предприятия или района  $i$ ;  $a_{izs}^l$  – расход ресурса  $z$  на единицу площади культуры  $s$  для предприятия или района  $i$ ;  $A_z^l$  – наличие ресурса  $z$ -вида;  $V_q^l$  – гарантированный объем производства продукции вида  $q$ ;  $B_i$  – площади земельных угодий для предприятия или района  $i$ ;  $y_{iqs}^{lp}(t)$  – соответственно выход товарной продукции  $q$ -вида с единицы площади культуры  $s$  для предприятия или района  $i$ ;  $p$  – вероятность события, связанная с уровнем тренда;  $t$  – время, характеризующее многолетний период с начальным и конечным значениями  $[\tau_1, \tau_2]$ ;  $b_{ims}^l$  – расход удобрений и средств защиты растений вида  $m$  на единицу площади культуры  $s$  для предприятия или района  $i$ ;  $B_m^l$  – необходимый объем удобрений вида  $m$ ;  $S$  – количество выращиваемых культур;  $I$  – число предприятий или районов, располагающихся на однородной природно-климатической территории или агроландшафтном районе;  $L$  – количество уровней трендов, соответствующее трем;  $Q$  – число производимой продукции;  $M$  – количество видов удобрений средств защиты растений.

Таблица 2 – Вероятностная оценка урожайности сельскохозяйственных разных уровней согласно распределению Пирсона III типа по данным Северо-западного таежно-подтаежного агроландшафтного района за 1996 – 2023 гг.

Table 2 - Probabilistic estimation of agricultural yields of different levels according to Pearson type III distribution according to the data of the North-Western taiga-podtaye agrolandscape region for 1996 - 2023

Культура	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент асимметрии	Локальные минимумы		Локальные максимумы	
				Среднее значение	Вероятность	Среднее значение	Вероятность
Нижнеудинский район							
Картофель	138.3	20.6	-1.0	128.5	0.272	145.1	0.425
Капуста	256.5	53.9	-0.4	241.5	0.371	269.4	0.433
Свекла	224.7	61.2	-1.0	205.3	0.323	261.1	0.311
Тайшетский район							
Ячмень	13.4	2.9	0.2	11.7	0.287	15.0	0.291
Картофель	144.8	18.1	0.1	131.2	0.226	152.2	0.330
Капуста	217.6	60.8	-1.0	192.1	0.289	237.5	0.427
Свекла	185.9	57.8	-2.0	168.5	0.283	223.6	0.292
Чунский район							
Ячмень	13.4	5.0	0.9	9.7	0.250	15.9	0.267
Овес	11.7	3.8	-0.4	10.2	0.371	14.8	0.232
Картофель	127.7	20.7	-0.6	120.2	0.329	138.6	0.325
Капуста	177.6	51.7	0.0	144.8	0.262	193.4	0.382
Свекла	168.1	31.5	-0.1	147.1	0.248	190.7	0.239

Рассмотрим операции построения оптимальных планов. Многоуровневая модель оптимизации производства растениеводческой продукции, объединяющая разные предприятия или производителей районов в пределах некоторой однородной природно-климатической территории с использованием параметрической задачи, может быть записана следующим образом.

Функция, применимая для прогнозирования  $y_{iqs}^{lp}(t)$ , может быть описана линейным и нелинейными выражениями при условиях значимости уравнений регрессии и их коэффициентов по  $F$ -критериям Фишера и  $t$ -статистикам Стьюдента.

Помимо оптимизации площадей посевов при решении задачи (1) – (6) рассчитываются объемы произведенной продукции:

$$z_{is}^{hp} = y(t)_{is}^{hp} \cdot x_{is}^h. \quad (7)$$

В таблице 3 приведены результаты решения задачи (1)-(7) с прогнозными значениями урожайностей некоторых сельскохозяйственных культур среднего, нижнего и верхнего уровней ряда для Северо-западного таежно-подтаежного агроландшафтного и входящих в его состав муниципальных районов на 2025 и 2027 годы. Помимо этого, для примера приведены расчеты по Нижнеудинскому району. При моделировании использованы данные всех категорий хозяйств. Для сокращения приводимой в статье расчётной информации данные по Тайшетскому и Чунскому районам не приведены. При этом для случайных показателей урожайностей указаны вероятности, определенные при помощи закона распределения Пирсона III типа ( $p$ ) и их средние значения ( $p_c$ ).

Из трех рассмотренных муниципальных районов (таблица 3), входящих в состав Северо-западного таежно-подтаежного агроландшафтного района наибольший объём производства растениеводческой продукции (более 66 %), приходится на Нижнеудинский. При этом отклонение объёмов производства минимальных (нижних) и максимальных (верхних) уровней относительно значения среднего уровня колеблется от 8 до 11.6 %. Что касается перспективных показателей, то, согласно приведённым расчётам, рост в 2027 году относительно 2025 года при сохранении площадей посевов возможен не более чем на 1.82 %.

**Заключение.** Предложена модель оптимизации производства растениеводческой продукции агроландшафтного района, включающего в себя группу муниципальных районов. В качестве примера оптимальные решения получены для Северо-западного таежно-подтаежного агроландшафтного района Иркутской области. Производственно-экономические показатели спланированы на 2025 – 2027 гг. Плановые показатели получены для трех вариантов: при благоприятных, неблагоприятных и усредненных условиях деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей с оценкой вероятностей разных ситуаций.

Таблица 3 – Результаты решения задачи оптимизации производства растениеводческой продукции с функционально зависимыми параметрами для некоторых районов Иркутской области

Table 3 - Results of solving the problem of crop production optimization with functionally dependent parameters for some districts of the Irkutsk Oblast

Уровень	Характеристика	Оптимальный план производства						Объем, т	Целевая функция, млн руб.	$P_c$
		Пшеница, $x_1$	Ячмень, $x_2$	Овёс, $x_3$	Картофель, $x_4$	Капуста, $x_5$	Свёкла, $x_6$			
<b>Нижеудинский район</b>										
2025 год										
-	Площадь, га	13 776.00	2 035.00	1 800.00	988.20	32.40	18.40	-	-	-
Средний уровень	Объемы, т	25 347.84	4 334.55	2 916.00	13 666.81	831.06	413.45	47 509.70	859.490	-
Нижний уровень	Объемы, т	24 245.76	3 764.75	2 718.00	12 698.37	782.46	377.75	44 587.09	805.577	-
	$p$	-	-	-	0.272	0.374	0.323	-	-	0.323
Верхний уровень	Объемы, т	29 342.88	4 680.50	3 024.00	14 338.78	872.86	480.42	52 739.44	945.633	-
	$p$	-	-	-	0.425	0.483	0.311	-	-	0.406
2027 год										
Средний уровень	Объемы, т	25 761.12	4 517.70	2 970.00	13 666.81	831.06	413.45	48 160.13	869.010	-
Нижний уровень	Объемы, т	24 796.80	3 927.55	2 754.00	12 698.37	782.46	377.75	45 336.93	816.626	-
	$p$	-	-	-	0.272	0.374	0.323	-	-	0.323
Верхний уровень	Объемы, т	29 893.92	4 843.30	3 078.00	14 338.78	872.86	480.42	53 507.28	956.934	-
	$p$	-	-	-	0.425	0.483	0.311	-	-	0.406
<b>Северо-западный таежно-подтаежный агроландшафтный район (включает в себя Нижеудинский, Тайшетский и Чунский муниципальные районы)</b>										
2025 год										
-	Площадь, га	21 701.00	3 017.80	6 851.20	1 067.20	40.40	24.40	-	-	-
Средний уровень	Объемы, т	38 185.26	5 651.50	11 481.20	14 697.87	989.14	519.65	71 524.62	1 223.788	-
Нижний уровень	Объемы, т	35 895.51	4 795.27	10 976.42	13 662.25	917.22	472.28	66 718.95	1 141.061	-
	$p$	-	-	-	0.272	0.374	0.323	-	-	0.323
Верхний уровень	Объемы, т	44 098.73	6 208.41	12 403.58	15 451.40	1 045.22	604.71	79 812.05	1 356.018	-
	$p$	-	-	-	0.425	0.483	0.311	-	-	0.406
2027 год										
Средний уровень	Объемы, т	38 787.91	5 834.65	11 785.70	14 697.87	989.14	519.65	72 614.92	1 239.655	-
Нижний уровень	Объемы, т	36 625.63	4 958.07	11 313.02	13 662.25	917.22	472.28	67 948.47	1 159.004	-
	$p$	-	-	-	0.272	0.374	0.323	-	-	0.323
Верхний уровень	Объемы, т	44 859.72	6 371.21	12 858.38	15 451.40	1 045.22	604.71	81 190.64	1 376.079	-
	$p$	-	-	-	0.425	0.483	0.311	-	-	0.406

Результаты работы применимы для планирования производства растениеводческой продукции с целью развития региона, включающего в себя сельскохозяйственные зоны, агроландшафтные районы, муниципальные районы, хозяйства разных категорий, в благоприятных, неблагоприятных и

усредненных условиях деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей.

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-21-00502.

### Список литературы

1. Алексеева, С.Н. Направления стратегии развития растениеводства / С.Н. Алексеева, С.А. Савватеева // Нива Поволжья. – 2018. – №3 (48). – С. 2-9.
2. Гордеев, А.С. Оптимизация в сельскохозяйственных технологиях / А.С. Гордеев, Б.С. Мишин, Н.П. Гордеева. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 260 с.
3. Дружинин, И.П. Динамика многолетних колебаний речного стока. / И.П. Дружинин, В.Р. Смага, А.Н. Шевнин – М.: Наука, 1991. – 176 с.
4. Иваньо, Я.М. Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 42. – С. 48-57.
5. Иваньо, Я.М. Многоэтапные модели математического программирования и их приложения в сельском хозяйстве / Я.М. Иваньо, М.Н. Полковская, М.Н. Сеницын // System Analysis and Mathematical Modeling. – 2024. – Т. 6. - № 1. – С. 47-59. – DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(1).47-59.
6. Касимова, Т.М. Экономико-математическое моделирование и прогнозирование развития регионального агропромышленного комплекса: монография / Т.М. Касимова. – Махачкала: ДГУ, 2017. – 136 с.
7. Личко, К.П. Оптимизация систем ведения сельского хозяйства / К.П. Личко, М.А. Романюк, М.М. Маркин // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Серия: Экономика. – 2012. – № 6(18). – С. 141-151.
8. Обыденев, А.Ю. Параметрическое управление поведением хозяйствующих субъектов в условиях ограниченной рациональности / А. Ю. Обыденев // Эффективное антикризисное управление. – 2017. – № 3(102). – С. 58-67.
9. Сарычев, А.П. Регрессионный анализ динамических систем: монография / А.П. Сарычев – М.: ИНФРА-М, 2022. – 229 с.
10. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: в 2 частях – Иркутск: Мегалит, 2019. – Ч. 1. – 319 с. – ISBN 978-5-907095-98-4.
11. Shawky, A.I. Pearson III Distribution and Its Applications to Stochastic Activity Networks / A.I. Shawky, Y.H. Abdelkader, M.M. Badr // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2015. – Vol. 12, P. 1-8.

### References

1. Alekseeva, S.N., Savvateeva, S.A. Napravlenija strategii razvitija rastenievodstva [Directions of the strategy of plant production development]. Niva Povolzh'ja, 2018, no. 3 (48), pp. 2-9.
2. Gordeyev, A.S. et al. Optimizatsiya v sel'skokhozyaystvennykh tekhnologiyakh [Optimization in agricultural technologies]. Sankt-Petersburg: Lan', 2024, 260 p.
3. Druzhinin I.P., Smaga V.R., Shevnin A.N. Dinamika mnogoletnikh kolebaniy rechnogo stoka [Dynamics of long-term fluctuations in river flow]. Moscow: Nauka, 1991, 176 p.
4. Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. Ob odnom algoritme vydeleniya anomal'nykh urovney vremennogo ryada dlya otsenki riskov [About one algorithm for selecting anomal levels of a time series for risk assessment]. Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki, 2022, no. 42, pp. 48-57.
5. Ivan'o, Ya.M. et al. Mnogoetapnyye modeli matematicheskogo programmirovaniya i ikh prilozheniya v sel'skom khozyaystve [Multi-stage models of mathematical programming and their

applications in agriculture]. System Analysis and Mathematical Modeling, 2024, vol. 6, no. 1, pp. 47-59. DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(1).47-59.

6. Kasimova, T.M. Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye i prognozirovaniye razvitiya regional'nogo agropromyshlennogo kompleksa: monografiya [Economic and mathematical modeling and forecasting of development of regional agro-industrial complex: Monograph]. Makhachkala: DGU, 2017, 136 p.

7. Lichko, K.P. et al. Optimizaciya sistem vedeniya sel'skogo hozjajstva [Optimization of systems management agriculture]. Vestnik Moskovskoj gosudarstvennoj akademii delovogo administrirovaniya. Seriya: Jekonomika, 2012, no. 6(18), pp. 141-151.

8. Obydenov, A.Yu. Parametricheskoye upravleniye povedeniyem khozyaystvuyushchikh sub"yektov v usloviyakh ogranichennoy ratsional'nosti [Parametric management of economic actor behavior under bounded rationality]. Effektivnoye antikrizisnoye upravleniye, 2017, no. 3(102), pp. 58-67.

9. Sarychev, A.P. Regressionnyy analiz dinamicheskikh sistem: monografiya [Regression Analysis of dynamic systems: monograph]. Moscow: INFRA-M, 2022, 229 p.

10. Sistema vedeniya sel'skogo khozyaystva Irkutskoy oblasti: v 2 chastyakh [The system management of agriculture in the Irkutsk region: in 2 parts]. Irkutsk: Megaprint, 2019, vol. 1, 319 p.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author Contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 02.11.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.11.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”. Область исследований - моделирование производственных процессов, цифровой трансформацией аграрного производства, анализом и моделированием гидрометеорологических явлений. Автор свыше 550 публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail:iymex@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4118-7185>.

Петрова Софья Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”. Область исследований - математическое моделирование производственных процессов в условиях рисков и оценке редких явлений, разработке комплексов программ для сферы агропромышленного производства. Автор свыше 150 публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail:sofia.registration@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9586-583X>.

Полковская Марина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики. Область исследований – решение задач оптимального размещения сельскохозяйственных культур с учетом влияния различных производственных, экономических и климатических параметров; разработка математических моделей прогнозирования и планирования производственно-экономических показателей на разных уровнях производства аграрной продукции. Автор более 130 научных работ, в т.ч. 4 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail:polk\_mn@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9646-1818>.

Собиров Илхомжон Абдуллаевич – доцент кафедры животноводства и ветеринарной медицины Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологий. Область исследований – изучение хозяйственно ценных признаков у кормовых культур. Автор 33 публикаций.

**Контактная информация:** Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий. Факультет шелководства и туководства, 170100, Узбекистан, Андижанская область, Андижанский район, город Куйган яр, e-mail: sobirovilxomjon0703@gmail.com.

### **Information about authors**

Yaroslav M. Ivanyo – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling at the Institute of Economics, Management and Applied Informatics FSBEI HE “Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky”. Research area - modeling of production processes, digital transformation of agricultural production, analysis and modeling of hydrometeorological phenomena. Author of more than 550 publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, e-mail: iymex@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4118-7185>.

Sofya A. Petrova – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling of the Institute of Economics, Management and Applied Informatics FSBEI HE “Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky”. Research area - mathematical modeling of production processes in conditions of risks and assessment of rare phenomena, development of software packages, including for the field of agro-industrial production. Author of over 150 scientific papers.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia; e-mail: sofia.registration@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9586-583X>.

Marina N. Polkovskaya – Candidate of Engineering Sciences, Ass. Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling of the Institute of Economics, Management and Applied Informatics. Research area - solving problems of optimal placement of agricultural crops taking into account the influence of various production, economic and climatic parameters; developing mathematical models for forecasting and planning production and economic indicators at different levels of agricultural production. Author of more than 130 scientific papers.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: polk\_mn@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9646-1818>.

Ilkhomjon A. Sobirov – Ass. Professor of the Department of Animal Husbandry and Veterinary Medicine of the Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnology. Research area - study of economically valuable traits in forage crops. Author of 33 publications.

**Contact information:** Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnology. Faculty of silk and mulberry. Kuyganyor, Andijan district, Andijan region, Uzbekistan, 170600; sobirovilxomjon0703@gmail.com.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-37-44

УДК 581.543

Научная статья

## ВОПРОСЫ ОПТИМАЛЬНОГО УЧЕТА НЕЛИНЕЙНОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ ИНДЕКСОВ NDVI И LAI ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

М.Э. оглы Омаров, С.С. гызы Алиева

Национальное Аэрокосмическое Агентство, Баку, Республика Азербайджан

**Аннотация.** Проанализирована проблема оптимального учета нелинейности индекса NDVI по сравнению со значениями индекса LAI. Перечисленные индексы являются незаменимыми атрибутами науки о развитии растений и полный отказ от одного из этих индексов практически невозможен. В связи с этим актуальной является разработка методик позволяющих однозначный переход от одного из этих индексов в другой. Для интегральной оценки и минимизации такого различия в указанных индексах в интегральном смысле введено на рассмотрение функция корректирования нелинейности NDVI и с применением метода безусловной вариационной оптимизации найдено условие, при котором указанная разность достигает минимума. Индексы LAI и NDVI имеют особую важность не только для фенологической науки о растительности, но и для науки дистанционного зондирования растительных полей. При этом проблема оптимального учета нелинейности индекса NDVI по сравнению со значениями индекса LAI остается нерешенной. Для интегральной оценки и минимизации такого различия в указанных индексах в интегральном смысле введено на рассмотрение функция корректирования нелинейности NDVI и с применением метода безусловной вариационной оптимизации найдено условие, при которой указанная разность достигает минимума. Согласно решению оптимизационной задачи при постоянстве интеграла функции взаимосвязи  $NDVI = NDVI(LAI)$  коррекция функции  $NDVI(LAI)$  в виде возведения этой функции в степень  $k$  ( $k < 1$ ) может привести к минимизации интеграла разницы  $[LAI - NDVI(LAI)^k]$  в интервале  $LAI = (0 \div LAI_{max})$ .

**Ключевые слова:** оптимальный учет нелинейности, индекс NDVI, индекс LAI, фенологические измерения развития растительности.

**Для цитирования:** Омаров М.Э. оглы, Алиева С.С. гызы Вопросы оптимального учета нелинейности взаимосвязи индексов NDVI и LAI при проведении фенологических измерений развития растительности. “Научно-практический журнал “Вестник ИргСХА”. 2024; 6 (125): 37-44. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-37-44.

## ISSUES OF OPTIMAL CONSIDERATION OF NONLINEARITY OF NDVI AND LAI INDICES RELATIONSHIP IN PHENOLOGICAL MEASUREMENTS OF VEGETATION DEVELOPMENT

Meraj E. oglu Omarov, Sevda S. gizi Aliyeva

National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan

**Abstract.** The problem of optimal accounting for the NDVI index nonlinearity in comparison with the LAI index values is analyzed. The listed indices are indispensable attributes of the science of plant development and a complete rejection of one of these indices is practically impossible. In this regard, the development of methods that allow an unambiguous transition from one of these indices to another is relevant. For the integral assessment and minimization of such a difference in the specified indices in the integral sense, the NDVI nonlinearity correction function is introduced for consideration and, using the unconditional variational optimization method, a condition is found under which the specified difference reaches a minimum. The LAI and NDVI indices are of particular importance not only for the phenological science of vegetation, but also for the science of remote sensing of plant fields. At the same time, the problem of optimal accounting for the NDVI index nonlinearity in comparison with the LAI index values remains unsolved. For integral assessment and minimization of such difference in the specified indices in the integral sense, the function of correction of NDVI nonlinearity is introduced for consideration and using the method of unconditional variational optimization, the condition is found under which the specified difference reaches a minimum. According to the solution of the optimization problem, with the constancy of the integral of the relationship function  $NDVI = NDVI(LAI)$ , the correction of the  $NDVI(LAI)$  function in the form of raising this function to the power  $k$  ( $k < 1$ ) can lead to the minimization of the integral of the difference  $[LAI - NDVI(LAI)^k]$  in the interval  $LAI = (0 \div LAI_{max})$ .

**Keywords:** optimal accounting of nonlinearity, NDVI index, LAI index, phenological measurements of vegetation development.

**For citation:** Omarov M.E. oglu, Aliyeva S. S. gizi. Issues of optimal consideration of nonlinearity of NDVI and LAI indices relationship in phenological measurements of vegetation development. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 37-44. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-37-44.

**Введение.** Хорошо известно, что исследование фенологического развития растительности осуществляется с использованием в основном индекса листовой площади [1-3]. Выбор LAI в качестве основного индекса для проведение фенологических исследований объясняется известной нелинейностью функции зависимости NDVI от LAI, что известно в качестве “эффекта насыщения” NDVI при больших значениях LAI [6, 7, 8].

Вместе с тем, методологии измерения состояния растений с использованием как индекса LAI, так и индекса NDVI хорошо отработаны и судя по масштабу использования этих индексов, окончательный отказ от какого-либо из этих индексов не предвидится.

Вкратце отметим методику измерения индекса LAI и известные соотношения между LAI и NDVI для различных групп растительности. Как отмечается в работе [3], метод оптических радиационных измерений LAI был впервые предложен Монси и Саки в 1953-м году. Этот метод основывался на уравнении Бера-Ламберта. Согласно этому методу крона растительности рассматривается как однородная мутная среда, в которой оптический световой поток поглощается пропорционально оптической толщине. Такой подход к измерению LAI позволило получить следующее выражение для вычисления этого индекса:

$$LAI = -\frac{1}{k \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}, \quad (1)$$

где  $I_0$  – оптический поток, попадающий на крону растительности;  $I$  – оптический поток, зарегистрированный измерителем на уровне земли в качестве потока, прошедшего через крону растительности;  $k$  – коэффициент экстинкции, или ослабления.

В общем случае  $k$  определяется по формуле [3]

$$k = \frac{G(\theta, \alpha)}{\cos \theta}, \quad (2)$$

где  $\cos \theta$  – функция распределения угла листьев,  $\theta$  и  $\alpha$  – угол азимута листьев.

Значения коэффициента  $k$  приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента  $k$  для некоторых типов хвойных и широколиственных деревьев

Table 1 – Values of coefficient  $k$  for some types of coniferous and broad-leaved trees

хвойные деревья	$k$	широколиственные деревья	$k$
<i>Abies</i> sp.	0.31	<i>Betula</i> sp.	0.57
<i>Larix</i> sp.	0.32	<i>Eucalyptus globulus</i>	0.50
<i>Picea abies</i>	0.28–0.37	<i>Fagus plantation</i>	0.40–0.48
<i>Pinus contorta</i>	0.29–0.56	<i>Fagus sylvatica</i>	0.43–0.44
<i>Pinus radiata</i>	0.50	<i>Larix decidua</i>	0.58
<i>Pinus resinosa</i>	0.42	Mixed broadleaved	0.50
<i>Pinus strobus</i>	0.45	<i>Nothofagus solandri</i>	0.42
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.40	<i>Quercus petraea</i>	0.29–0.58
Average	0.40	Average	0.47

Вместе с тем, как отмечается в работе [2], для оценки LAI дистанционными методами используются два подхода:

1. Статистическая подход, где используется корреляция между LAI и другими вегетационными индексами [4,13]

2. Физический подход, где используются биофизические модели, в которых учитывается отражения оптической радиации от кроны растительности [16,17].

Каждое из этих подходов имеет свои плюсы и минусы. Статистический подход позволяет достичь конкретных формул, однако полученные здесь результаты оказываются очень чувствительными различным показателям конкретной местности и условиям. Физический подход позволяет учесть

биофизические особенности растительности, однако в то же время страдает от несовершенства используемых методов дистанционного зондирования [5, 11].

В различной литературе [12, 14, 15] приводятся достаточно устоявшиеся формулы регрессионной взаимосвязи между NDVI и LAI (табл. 2).

Таблица 2 – Регрессионные уравнения взаимосвязи NDVI и LAI

Table 2 – Regression equations for the relationship between NDVI and LAI

Тип растительности	Уравнение	№
Сельское хозяйство	$LAI = -2.5 \ln(1.2 - 2NDVI)$	(1)
Пастбище	$LAI = 0.21 \exp\left(\frac{NDVI}{0.264}\right)$	(2)
Смешанный лес	$LAI = \left(0.52 \left(\frac{NDVI + 1}{1 - NDVI}\right)\right)^{1.715}$	(3)
Хвойный лес	$LAI = 0.65 \exp\left(\frac{NDVI}{0.34}\right)$	(4)

Вместе с тем, как было отмечено выше, индексы NDVI и LAI являются незаменимыми атрибутами науки о развитии растений и полный отказ от одного из этих индексов практически невозможен. В таких условиях становится актуальным разработка методик позволяющих однозначный переход от одного из этих индексов в другой. Казалось бы, формулы, приведенные в таблице 1, позволяют частично решить этот вопрос. Однако, на самом деле это, не так. Не одна из формул, приведенных в таблице 1, не содержит информацию о погрешности нелинейности характеристики  $L = f(NDVI)$ . Являются ли эти формулы оптимальными в смысле достижения минимума погрешности возникающей из-за нелинейного отношения между LAI и NDVI при общепринятом представлении о линейности LAI в отношении степени развития растительности, не ясно. С учетом вышесказанного в настоящей статье формулируется и решается задача о получении оптимальной взаимосвязи LAI и NDVI, при которой достигается минимум интегральной меры разницы между этими индексами.

**Цель** – сформулировать и решить задачу оптимальной коррекции взаимосвязи вегетационных индексов NDVI и LAI с учетом эффекта насыщения NDVI.

**Материалы и методы.** Необходимо отметить обратимость формул, приведенных в таблице 1. Так, например, из формулы (1) в таблице легко получим

$$NDVI = 0.6 - \exp\left(-\frac{LAI}{2.5}\right). \quad (3)$$

Очевидно, что аналогичные формулы можно получить также из формул (2)-(4) указанных в таблице 1. Для оценки разности NDVI от LAI введем на рассмотрение функцию связи между NDVI и LAI, т.е.

$$NDVI = NDVI(LAI). \quad (4)$$

Разницу между LAI и  $NDVI(LAI)$  будем исследовать с учетом необходимости корректировки эффекта насыщения  $NDVI$  при больших значениях LAI.

Отметим, что эффект "насыщения  $NDVI$ " при больших значениях LAI хорошо изучен [18] и здесь подробно не рассматривается. Для учета эффекта насыщения будем рассматривать скорректированную версию функции  $NDVI(LAI)$  в виде

$$NDVI(LAI)_{кор} = NDVI(LAI)^k, \quad (5)$$

где (5) коэффициент коррекции.

Интегральную величину отклонения  $NDVI(LAI)^k$  от линейной функции  $kLAI$  определим по выражению

$$\Delta_{ин} = \int_0^{LAI_m} [LAI - NDVI(LAI)^k] dLAI. \quad (6)$$

Следует определить такой вид функции  $NDVI(LAI)^k$  при которой  $\Delta_{ин}$  достиг бы минимальной величины. Для решения оптимизационной задачи (4) необходимо задать некоторое ограничительное условие, применительно к известной функции  $NDVI(LAI)$ .

Указанное ограничительное условие определим в виде

$$\int_0^{LAI_m} NDVI(LAI) dLAI = C; C = const. \quad (7)$$

С учетом выражений (6) и (7) составим задачу безусловной вариационной оптимизации, целевой функционал  $F_0$  которой формируется в следующем виде

$$F_0 = \int_0^{LAI_m} [LAI - NDVI(LAI)^k] dLAI + \lambda \left[ \int_0^{LAI_m} NDVI(LAI) dLAI - C \right] \quad (8)$$

Решение оптимизационной задачи (8) с учетом [1] ищем по условию

$$\frac{d\{[LAI - NDVI(LAI)^k] + \lambda NDVI(LAI)\}}{dNDVI(LAI)} \quad (9)$$

Из условия (9) получим:

$$-kNDVI(LAI)^{k-1} + \lambda = 0 \quad (10)$$

Из выражения (10) получаем

$$NDVI(LAI) = \sqrt[k]{\frac{\lambda}{k}} \quad (11)$$

Для определения значения  $\lambda$  воспользуемся выражениями (7) и (11). Имеем

$$\int_0^{LAI_m} \sqrt[k]{\frac{\lambda}{k}} dLAI = C \quad (12)$$

Из выражения (12) получаем

$$\sqrt[k]{\frac{\lambda}{k}} \cdot LAI_m = C \quad (13)$$

Из (13) находим

$$\lambda = k \left( \frac{C}{LAI_m} \right)^{k-1} \quad (14)$$

С учетом выражений (11) и (14) находим

$$NDVI(LAI) = \sqrt[k-1]{\left(\frac{c}{LAI_m}\right)^{k-1}} = \frac{c}{LAI_m} \quad (15)$$

Следовательно, с учетом выражений (7) и (15) получаем

$$NDVI(LAI) = \frac{\int_0^{LAI_m} NDVI(LAI) dLAI}{LAI_m} \quad (16)$$

При этом скорректированная функция (5) согласно (16) будем иметь вид

$$NDVI(LAI)_{кор} = \left[ \frac{\int_0^{LAI_m} NDVI(LAI) dLAI}{LAI_m} \right]^k$$

При этом, согласно (10) при  $k > 1$ ,  $\Delta_{ин}$  достигает максимума, а при  $k < 1$  минимума.

**Результаты и их обсуждение.** Отмечено особая важность индексов LAI и NDVI не только для фенологической науки о растительности, но и для науки дистанционного зондирования растительных полей. Рассматривается нерешенная проблема оптимального учета нелинейности индекса NDVI по сравнению со значениями индекса LAI. Для интегральной оценки и минимизации такого различия в указанных индексах в интегральном смысле введено на рассмотрение функция корректирования нелинейности NDVI и с применением метода безусловной вариационной оптимизации найдено условие, при которой указанная разность достигает минимума.

**Заключение.** Сформулирована и решена задача оптимальной коррекции взаимосвязи вегетационных индексов NDVI и LAI с учетом эффекта насыщения NDVI. Согласно решению оптимизационной задачи при постоянстве интеграла функции взаимосвязи  $NDVI = NDVI(LAI)$  коррекция функции  $NDVI(LAI)$  в виде возведения этой функции в степень  $k$  ( $k < 1$ ) может привести к минимизации интеграла разницы  $[LAI - NDVI(LAI)]^k$  в интервале  $LAI = (0 \div LAI_{max})$ .

#### Список литературы / References

1. Эльсгольц, Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление// М.: Наука, 1974. - 432 с. / Jel'sgol's, L.Je. Differential'nye uravnenija i variacionnoe ischislenie [Differential equations and calculus of variations]. Moscow: Nauka, 1974, 432 p.
2. Aquilino, M. et al. Evaluating the potential of GeoEye data in retrieving LAI at watershed scale// Remote Sens. of Agriculture. 2014.
3. Breda, N.J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies// Journal of experimental botany. Vol. 54. No. 392. Pp. 2403-2417. November 2003.
4. Chen, J.M. et al. Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using landsat TM images// Remote sensing of environment. 1996. Pp. 153-162.
5. Deng, M. et al. The response of vegetation to regional climate change on the Tibetan plateau based on remote sensing products and the dynamic global vegetation model// Remote sens. 2022. 14. 3337.
6. Deng, F. et al. Algorithm for global leaf area index retrieval using satellite imagery// Geoscience and remote sensing. IEEE Transactions. 2006. Pp. 2219-2229.

7. Gao, R. Features extraction from the LAI2200C plant canopy analyzer. <https://doi.org/10.4211/hs.6d0c4a14289742d0951ba5ab9eca7dc0>.
8. Gao, R., Zeng, R. Detecting agricultural drainage ditch system in low relief land: a heterogeneous filtering approach// AGU Fall Meet Abstr. 2019.
9. Gao, R. et al. Grapevine leaf area index estimation with machine learning and unmanned aerial vehicle information// AGU Fall Meet Abstr. 2020.
10. Helman, D. Land surface phenology: what do we really see from space?// Sci. Total Environ. 2018. Pp. 665-673.
11. Jacquemoud, S. et al. Extraction of vegetation biophysical parameters by inversion of the PROSPECT+SAIL models on sugar beet canopy reflectance data. Application to TM and AVIRIS sensors// Remote Sens. of environment. 1995. Pp. 163-172.
12. Jacquemoud, S. et al.. PROSPECT+SAIL models: A review of use for vegetation characterization// Remote sensing of environment. 2009.
13. Myneni, R. et al. Estimation of global leaf area index and absorbed par using radiative transfer models// IEEE transactions and geoscience and remote sensing. 1997. 35.
14. Nemani, R.R., Running, S.W. Testing a theoretical climate-soil-leaf area hydrologic equilibrium of forests using satellite data and ecosystem simulation// Agricultural and forest meteorology. 1989. Pp. 245-260.
15. Price, J.C. Estimating leaf area index from satellite data// Geoscience and remote sensing. IEEE Transactions on 1993. Pp. 727-734.
16. Peterson, D.L. et al. Relationship of thematic mapper simulator data to leaf area index of temperate coniferous forests// Remote sens. of environment. 1987. Pp. 323-341.
17. Weiss, M. et al. Investigation of a model inversion technique to estimate canopy biophysical variables from spectral and directional reflectance data// Agronomie 2000. 20. Pp. 3-22.
18. Yengoh, G.T. et al. The use of the normalized difference vegetation index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations// Lund University center for sustainability studies and the scientific and technical advisory panel of the global environment facility.
19. Zheng, C. et al. Climatic anomaly and its impact on vegetation phenology carbon sequestration and water-use efficiency at a humid temperate forest// J. Hydrol. 2018. 565. Pp. 150-159.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Алиева Севда Салман гызы – кандидат технических наук НИИ Экологии Национального Аэрокосмического Агентства Азербайджанской Республики. Область научных интересов –

экология водных ресурсов при проведении мелиоративных и ирригационных процедур. Автор более 30 научных публикаций.

**Контактная информация:** Национальное Аэрокосмическое Агентство. AZ 1115. Азербайджанская Республика, ул. С.С. Ахундова, стр.1. e-mail phd.sevdaaliyeva@gmail.com

Омаров Мерадж Эльдар оглы - аспирант НИИ Космических исследований природных ресурсов Национального Аэрокосмического Агентства Азербайджанской Республики. Область научных интересов – экология водных ресурсов при проведении мелиоративных и ирригационных процедур. Автор более 10 научных публикаций.

**Контактная информация:** Национальное Аэрокосмическое Агентство. AZ 1115. Азербайджанская Республика, ул. С.С. Ахундова, стр.1. e-mail meracomarov@gmail.com.

### **Information about authors**

Sevda S. gizi Aliyeva - Candidate of Technical Sciences of Research Institute Ecology of National Aerospace Agency of Azerbaijan Republic. Research area - ecology of water resources during reclamation and irrigation procedures. Author of more than 30 scientific publications.

**Contact information:** National Aerospace Agency. S.S. Akhundov str. 1, Azerbaijan Republic, AZ 1115, e-mail: phd.sevdaaliyeva@gmail.com.

Meraj E.oglu Omarov - poststudent of the Research Institute of Space Studies of Natural Resources of the National Aerospace Agency of the Republic of Azerbaijan. Research area - ecology of water resources during reclamation and irrigation procedures. Author of more than 10 scientific publications.

**Contact information:** National Aerospace Agency. S.S. Akhundov str. 1, Azerbaijan Republic, AZ 1115, e-mail: meracomarov@gmail.com.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-45-53

УДК 634.75

Научная статья

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ ЮГА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>М.А. Раченко М.А., <sup>2</sup>А.А. Кузнецов, <sup>2</sup>Д.М. Раченко

<sup>1</sup>СИФИБР СО РАН, *Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

**Аннотация.** Первым важным этапом любой селекционной программы является характеристика уже имеющегося сортимента культуры с точки зрения ее возделывания в условиях региона исследования. Объектом исследования послужили 30 сортов земляники крупноплодной. Адаптированные сорта должны укладываться в вегетационный период 105-107 дней при сумме положительных температур от 1500 до 1800°C. При этом должны иметь устойчивость к длительным понижениям температур ниже -25°C при отсутствии снежного покрова, морозы до -52°C при уровне снега, не превышающем 30-40 см в середине зимы, перепады температур от +5 до -30°C в марте и от +20 до -10°C в апреле, должны быть устойчивы к майским заморозкам до -8°C. Наблюдения позволили установить, что большинство сортов земляники крупноплодной имеют среднюю оценку состояния куста после двух зимних периодов 4 и выше. Важной характеристикой будущего урожая является закладка плодовых образований и их формирование в процессе роста растения. Сравнили количество цветоносов и цветов у четырех сортов земляники нейтрального дня: “Остара”, “Мурано”, “Кабрилло”, “Алюба”. Максимально близким по количеству цветоносов и цветов к “модельному” сорту был сорт местной селекции “Алюба”. Только сорт “Кабрилло” по среднему весу плода подходит под “модельный” сорт. Изучены плоды 17 сортов земляники на содержание растворимых сахаров. Этим же сортам была дана дегустационная оценка. В группу со стабильно высоким содержанием сахаров вошли: “Торпеда”, “Гейзер”, “Азия” и “Ярославна”. Хорошие вкусовые качества отмечены у сортов “Азия”, “Гейзер”, “Дукат”, “Купава”. На основании комплекса полученных данных выделены наиболее перспективные сорта для использования в селекции, такие как “Дут”, “Торпеда”, Форсаж, “Гейзер”, “Дукат”. Полученные от них гибриды могут сочетать в себе высокую зимостойкость и хороший вкус.

**Ключевые слова:** земляника, сорта, зимостойкость, плодоношение, качество плодов.

**Для цитирования:** Раченко М.А., Кузнецов А.А., Раченко Д.М. Комплексная оценка сортов земляники в условиях юга Иркутской области. “Научно-практический журнал “Вестник ИргСХА”. 2024; 6 (125): 45-53. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-45-53.

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF STRAWBERRY VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF IRKUTSK REGION

<sup>1</sup>Maxim A. Rachenko, <sup>2</sup>Alexander A. Kuznetsov, <sup>2</sup>Darya M. Rachenko

<sup>1</sup> SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup> FSBEI HE Irkutsk SAU, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

**Abstract.** The first important stage of any breeding program is the characterization of the existing crop assortment from the point of view of its cultivation in the conditions of the research region. The object of the study was 30 varieties of large-fruited strawberries. Adapted varieties should be placed in a vegetation period of 105-107 days with a sum of positive temperatures from 1500 to 1800°C. At the same time, they must be resistant to long-term temperature drops below -25°C in the absence of snow cover, frosts down to -52°C with a snow level not exceeding 30-40 cm in midwinter, temperature fluctuations from +5 to -30°C in March and from +20 to -10°C in April, and be resistant to May frosts down to -8°C. Our observations have allowed us to establish that most varieties of large-fruited strawberries have an average bush condition rating of 4 or higher after two winter periods. An important characteristic of the future harvest is the laying of fruit formations and their formation during the plant growth process. Compared the number of peduncles and flowers in four day-neutral strawberry varieties: “Ostara”, “Murano”, “Cabrillo”, and “Alyuba”. The closest to the “model” variety in terms of the number of peduncles and flowers was the locally selected variety “Alyuba”. Only the Cabrillo variety, based on the average weight of its fruit, fits the “model” variety. Studied the fruits of 17 strawberry varieties for their content of soluble sugars. The same varieties were given a tasting assessment. The group with a consistently high sugar content included: “Torpedo”, “Geyser”, “Asia” and “Yaroslavna”. Good taste qualities are noted in the varieties “Asia”, “Geyser”, “Dukat”, and “Kupava”. Based on the complex of data obtained, the most promising varieties for use in breeding have been identified: such as “Duet”, “Torpedo”, “Fast and Furious”, “Geyser”, and “Ducat”. The hybrids obtained from them can combine high winter hardiness and good taste.

**Keywords:** земляника, сорта, зимостойкость, плодоношение, качество плодов.

**For citation:** Rachenko M.A., Kuznetsov A.A., Rachenko D.M. Comprehensive assessment of strawberry varieties in the conditions of the south of Irkutsk region. *“Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 45-53. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-45-53.

**Введение.** Земляника – одна из самых востребованных ягодных культур в мире. Это обусловлено ее многочисленными достоинствами, среди которых выделяют высокие вкусовые качества, агробиологическую пластичность и экономическую эффективность [5].

Сортимент земляники садовой, рекомендуемый для возделывания на территории Восточно-Сибирского региона, включает на 2024 год 34 сорта. Из них 4 сорта рекомендованы для выращивания в закрытом грунте, 7 сортов – ремонтантная безусая мелкоплодная земляника [4]. Основные усилия селекционеров направлены в сторону таких хозяйственно-ценных признаков, как скороспелость, урожайность и зимостойкость [16]. При этом очень часто

страдают потребительские качества плодов. Создание сортов, совмещающих все эти признаки, важнейшая задача современной селекции.

Первым важным этапом любой селекционной программы является характеристика уже имеющегося сортимента культуры с точки зрения ее возделывания в условиях региона исследования.

**Цель** - оценка сортов земляники садовой отечественного и иностранного происхождения по зимостойкости и качеству плодов в условиях юга Иркутской области для дальнейшего использования их в селекции.

**Задачи:**

- дать характеристику зимостойкости сортов земляники разного географического происхождения в полевых условиях;
- определив содержание растворимых сахаров и проведя дегустационную оценку плодов, выделить сорта с высокими потребительскими качествами плодов;
- на основе полученных результатов обосновать возможность формирования родительских пар для дальнейшего скрещивания.

**Материал и методы.** Объектом исследования послужили 30 сортов земляники крупноплодной. В исследованиях использовались маточки земляники, заложенные на коллекционном участке СИФИБР СО РАН в Иркутском районе на высоком агрофоне с искусственным поливом. Способ размещения растений с шириной междурядий 90 см и расстоянием 30 см в ряду между растениями. Количество растений каждого сорта варьировало от 20 до 30 штук.

Исследования проводились согласно программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур в 2021-2024 гг. [8].

Измерение растворимых сахаров проводили с помощью ручного рефрактометра МНРВ 32 АТС. Сок, полученный в результате измельчения ягоды и фильтрования полученной массы через крупнопористый фильтр, наносили на призму рефрактометра. Содержание сухих веществ в образце, выраженных в  $Brix$ , отображали показатели качества ягоды.

**Результаты и их обсуждение.** Устойчивость к сумме неблагоприятных факторов зимнего периода – основная хозяйственно-биологическая характеристика сорта земляники. Низкая зимостойкость значительно снижает биологическую продуктивность и урожайность культуры [2]. Наиболее опасны для культуры переходные периоды (осень, весна). В условиях юга Иркутской области постоянный снеговой покров очень часто устанавливается после того, как температура воздуха опускается ниже –  $15^{\circ}C$ , что часто ведет к повреждению или гибели растения земляники [1]. Один раз в 5-6 лет отсутствие снегового покрова и резкое снижение температуры приводит к полной гибели посадок земляники.

Полевой метод испытаний широко применяется для исследования и оценки зимостойкости различных плодовых и ягодных культур. Растения подвергаются воздействию естественных стрессовых факторов холодного

периода года, и полученные повреждения оцениваются по итогам перезимовки с наступлением вегетации. Полевые исследования позволяют не только проследить за проявлением повреждений, но и за способностью к регенерации и влиянием на общее состояние растений.

Чтобы определить качество зимовки земляники крупноплодной, проводили оценку общего состояния растений (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка общего состояния земляники крупноплодной в открытом грунте (2023-2024 год), баллы

Table 1 – Assessment of the general condition of large-fruited strawberries in open ground (2023-2024), points

№	Сорт	Средняя оценка общего состояния растений земляники, балл
1	“Азия”	4.1
2	“Клери”	4.2
3	“Джоли”	4.0
4	“Мармолада”	4.3
5	“Мурана”	4.4
6	“Кабрилло”	4.1
7	“Сан Андреас”	4.1
8	“Остара”	4.7
9	“Алюба”	4.7
10	“Торпеда”	4.8
11	“Дукат”	4.9
12	“Дуэт”	4.9
13	“Бова”	4.7
14	“Ди Милано”	5
15	“Ярославна”	4.6
16	“Форсаж”	5
17	“Даренка”	5
18	“Славяночка”	5
19	“Мице Шиндлер”	4.7
20	“Алтын”	5
21	“Купава”	4.8
22	“Гейзер”	5
23	“Клон”	5
24	“Фейерверк”	5
25	“Зенга-Зенгана”	5
26	“Зенга-Фруктата”	5
27	“Чамора туруси”	2
28	“Заря”	4.1
29	“Зенит”	4.8
30	“Комета”	5

Наши наблюдения позволили установить, что большинство сортов земляники крупноплодной имеют среднюю оценку состояния куста после двух зимних периодов 4 и выше. Исключение составили сорта “Джоли” (3.8 балла) и “Чамора туруси” (2 балла). У последнего сорта маточные кусты практически полностью погибали каждую зиму, но укоренившиеся розетки весной отрастали и плодоносили.

Биологическая пластичность сорта определяет не только его адаптивность к условиям выращивания, в первую очередь, его зимостойкость, но и реализацию потенциала продуктивности и качества плодов. В средней полосе России адаптированные сорта земляники должны нормально развиваться и давать качественный урожай 20-25 т/га при сумме температур от 1800 до 2000°С и продолжительности вегетационного периода от 130 до 180 дней; выдерживать весенние заморозки, резкие и продолжительные похолодания в период вегетации, участвовавшие засухи и высокие температуры до +36°С, ранние зимние морозы до -25°С при отсутствии снежного покрова, морозы до -36°С снежной зимой, перепады температур от 0...+3°С до -20°С в декабре-марте после оттепелей и обладать полевой устойчивостью к многочисленным вирусным патогенам, болезням и вредителям [6].

В условиях юга Иркутской области эти требования значительно корректируются. Адаптированные сорта должны укладываться в вегетационный период 105-107 дней при сумме положительных температур от 1500 до 1800°С. При этом должны иметь устойчивость к длительным понижениям температур ниже -25°С при отсутствии снежного покрова, морозы до -52°С при уровне снега, не превышающем 30-40 см в середине зимы, перепады температур от +5 до -30°С в марте и от +20 до -10°С в апреле, быть устойчивыми к майским заморозкам до -8°С (данные метеостанции Иркутск, обсерватория).

Урожайность любого сорта зависит не только от генетически обусловленных признаков, но и от условий их реализации. Важной характеристикой будущего урожая является закладка плодовых образований и их формирование в процессе роста растения [10]. Параметрами высокой продуктивности двулетнего куста земляники являются: число цветоносов  $\geq 10$  штук, число ягод  $\geq 50$  и средняя масса плодов по всем сборам более 10.0 г [6].

Сорта земляники нейтрального светового дня цветковые почки закладывают вне зависимости от длины дня, но сохранность их в процессе зимовки значительно отличается от таковой у короткодневных сортов. Мы сравнили количество цветоносов и цветов у четырех сортов земляники нейтрального дня: “Остара”, “Мурано”, “Кабрилло”, “Алюба”. В результате наблюдений было выяснено, что максимально близким по количеству цветоносов и цветов к “модельному” сорту был сорт местной селекции “Алюба” (средние значения числа цветоносов  $7.4 \pm 3.8$  и числа цветков  $10 \pm 3.1$  на каждом цветоносе), средние значения остальных сортов не превышали 3-6 цветоносов и 5-8 цветков.

Таблица 2 – Плодоношение сортов нейтрального светового дня, 2024 г.

Table 2 – Fruiting of day-neutral varieties, 2024

Сорт	Количество цветоносов	Количество цветков в соцветии	Растений без цветов, %	Растений без плодов, %	Средний вес плодов, г
“Остара”	6.05±4.3	8.5±3.2	13.6	31.8	5.51±2.47
“Кабрилло”	6.25±3.4	5.5±2.2	7.7	23.1	11.6±7.6
“Мурано”	3.1±2.5	5.4±1.46	0	11.1	8.95±3.1
“Алюба”	7.4±3.8	10±3.1	0	0	5.05±2.8

Сорт “Алюба” показал 100% плодоношение всех кустов, но средний вес плодов этого сорта был минимальным из изученных. Только сорт “Кабрилло” по среднему весу плода подходит под “модельный” сорт. В благоприятных условиях сорт “Кабрилло” показывает средний вес ягоды, ненамного превышающий тот, который был получен в условиях коллекционного участка – 12.2 г [13].

Таблица 3 – Содержание растворимых сахаров и дегустационная оценка плодов земляники крупноплодной, 2023-24 г.

Table 3 – Content of soluble sugars and tasting evaluation of large-fruited strawberries, 2023-24

Сорт	Содержание сахара в % Брикса		Дегустационная оценка (балл)		Аромат
	2023	2024			
“Мармолада”	6±1.63	6.25±1.25	4	4	Очень слабый
“Остара”	5±0	6.25±0.75	4	4	Отсутствует
“Алюба”	4±0	9±1	3.5	3.5	Отсутствует
“Азия”	8.5±2.5	9.2±2.7	5	4.5	Отсутствует
“Клери”	9.5±0.5	-	4	4	Слабый
“Мурано”	9±0	8.25±0.75	4	4	Слабый
“Кабрилло”	5±1	9.8±1.8	3	3	Отсутствует
“Сан Андреас”	6±0	10.9±1.5	3.5	3	Отсутствует
“Славяночка”	8.5±0.5	7±1.5	4.5	4	Отсутствует
“Форсаж”	10.5±0.5	6±1	4.5	4	Очень сильный
“Гейзер”	10±0	7.75±0.25	5	5	Средний
“Торпеда”	11.5±0.5	9.7±2.05	5	4	Сильный
“Дуэт”	11.5±0.5	5±0	4.5	4.5	Отсутствует
“Дукат”	8.5±0.5	8.75±0.25	5	5	Сильный
“Бова”	8.5±0.5	4.75±0.75	4	4	Отсутствует
“Ярославна”	10.5±0.5	7±0.5	4	4	Отсутствует
“Купава”	8.5±0.5	7±0.5	5	5	Сильный (ананасовый)

Высокие требования к потребительским качествам плодов земляники, особенно к содержанию витаминов и растворимых сахаров, делает необходимым отбор в этом направлении. Промышленные сорта земляники должны содержать в ягодах >12 % РСВ, >8 % сахаров, >80 мг% аскорбиновой кислоты, >80 мг% антоцианов и не более 1.5 % органических кислот [6]. Изучены плоды 17 сортов земляники на содержание растворимых сахаров. Этим же сортам была дана дегустационная оценка.

При анализе полученных результатов у некоторых сортов наблюдалось колебание данных в зависимости от года. Существенные различия выявлены у сортов нейтрального светового дня “Кабрилло”, “Сан Андреас” и “Алюба” и у сортов короткого светового дня “Форсаж”, “Дуэт” и “Бова”. По данным других исследователей, количество сахаров у сортов “Кабрилло” и “Сан Андреас” в благоприятных условиях – 8.5 и 7.4 % соответственно [9, 13], а у сортов “Дуэт” и “Бова” – 4.8 и 8.2 % соответственно [3, 7]. Показатели сортов “Мармолад”, “Клери” и “Азия” вполне соответствуют описанным в литературе [11, 15]. Стабильность содержания сахара отмечена у польского сорта “Дукат”, что согласуется с литературными данными [12].

В группу со стабильно высоким содержанием сахаров вошли: “Торпеда”, “Гейзер”, “Азия” и “Ярославна”. Хорошие вкусовые качества отмечены у сортов “Азия”, “Гейзер”, “Дукат”, “Купава”.

**Заключение.** На основании комплекса полученных данных выделены наиболее перспективные сорта для использования в селекции, такие как “Дуэт”, “Торпеда”, “Форсаж”, “Гейзер”, “Дукат”. Полученные от них гибриды могут сочетать в себе высокую зимостойкость и хороший вкус.

#### Список литературы

1. Агроклиматические ресурсы Иркутской области. – Л.: Гидрометиздат, 1977. – 208 с.
2. Айтжанова, С.Д. Экологическая оценка новых сортов земляники / С.Д. Айтжанова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2001. – С. 79-84.
3. Богданова, И.И. Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов земляники на Среднем Урале // Аграрный вестник Урала. – 2012. – №. 1 (93). – С. 70-72.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений [Электронный ресурс] // Госсорткомиссия. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyu-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni> (дата обращения 8.11.2024)
5. Зубкова, М.И. Оценка сортов земляники по биохимическим и органолептическим качествам ягод в условиях Орловской области / М.И. Зубкова, М.А. Макаркина, С.Д. Князев // Вестник аграрной науки. – 2020. – №. 4 (85). – С. 9-15. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.9
6. Куликов, И.М. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России / И.М. Куликов, С.Д. Айтжанова, Н.В. Андропова [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 3. – С. 5-10. – DOI 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10
7. Невоструева, Е.Ю. Номенклатурные стандарты сортов земляники селекции Свердловской селекционной станции садоводства / Е.Ю. Невоструева, Л.В. Багмет // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25. – №. 5. – С. 846–854.
8. Программа сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общей ред. академика РАСХН Седова Е.Н. – Орел: Изд-во ВНИИСПК. – 1999 г. – С. 608

9. Amoriello, T., Ciccoritti R., Ferrante P. Prediction of strawberries' quality parameters using artificial neural networks //Agronomy. – 2022. – V. 12. – №. 4. – pp. 963. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040963>
10. Antonova, V., Petrova-Branicheva V. Testing of strawberry cultivars-indicators defining the yield // Pochvoznanie, agrokhimiya i ekologiya / Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology - 2021. - Vol. 55, No. 1. – pp. 59-65.
11. Dobričević, Nadica, et al. Nutritional quality of strawberry fruit varieties Alba, Albion, Asia, Clery and Joly. (2014): 662-666.
12. Kulikov, I.M. et al. The Effect of Fertigation Frequency on the Chemical Composition of Strawberry in Moscow Region //Journal of Biochemical Technology. – 2020. – V. 11. – №. 3. – pp. 84.
13. Liu, D. et al. Agronomic and Post-Harvest Performance of Strawberry Cultivars in High Tunnel and Open-Field Environment in Southeast Virginia //International Journal of Fruit Science. – 2024. – V. 24. – №. 1. – pp. 242-255. <https://doi.org/10.1080/15538362.2024.2384395>
14. Orde, K. M., Sideman R. G. Low tunnel and cultivar effects on day-neutral strawberry yield and characteristics in New Hampshire //HortTechnology. – 2019. – V. 29. – №. 6. – pp. 795-810. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04317-19>
15. Popovski, B., Popovska M. Chemical content of fruits of some perspective strawberry varieties cultivated on open field //Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences, JAFES. – 2016. – V. 69. – pp. 1-7.
16. Ulrich, D., Olbricht K., Fruit organoleptic properties and potential for their genetic improvement // In: Jenks M.A., Bebeli P.J. (eds.). Breeding for fruit quality. John Wiley & Sons. Inc. Hoboken. NJ. USA 2011.

### References

1. Agroklimaticheskie resursy Irkutskoj oblasti [Agro-climatic resources of Irkutsk region]. Leningrad: Gidrometizdat, 1977, 208 p.
2. Ajtzhanova, S.D. Ekologicheskaya ocenka novyh sortov zemlyaniki [Ecological assessment of new strawberry varieties]. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii, 2001, pp. 79-84.
3. Bogdanova, I.I. Hozyajstvenno-biologicheskaya harakteristika novyh sortov zemlyaniki na Srednem Urale [Economic and biological characteristics of new strawberry varieties in the Middle Urals]. Agrarnyj vestnik Urala, 2012, vol. 1 (93), pp. 70-72.
4. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. Vol. 1. Sorta rastenij [The State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni> (data obrashcheniya 8.11.2024)
5. Zubkova, M. I. et al. Ocenka sortov zemlyaniki po biohimicheskim i organolepticheskim kachestvam yagod v usloviyah Orlovskoj oblasti [Evaluation of strawberry varieties by biochemical and organoleptic qualities of berries in the conditions of Oryol region]. Vestnik agrarnoj nauki, 2020, no. 4 (85), pp. 9-15. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.9.
6. Kulikov, I.M. et al. Model' promyshlennogo sorta zemlyaniki sadovoj dlya uslovij srednej polosy Rossii [A model of an industrial strawberry variety for the conditions of the central part of Russia]. Sadovodstvo i vinogradarstvo, 2020, no. 3, pp. 5-10. – DOI 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10
7. Nevostrueva, E. YU., Bagmet, L. V. Nomenklaturnye standarty sortov zemlyaniki selekcii Sverdlovskoj selekcionnoj stancii sadovodstva [Nomenclature standards of strawberry varieties of the Sverdlovsk Horticulture Breeding Station]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2024, vol. 25, no. 5, pp. 846–854.
8. Programma sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur [The program of variety studies of fruit, berry and nut crops]. Orel: Izd-vo VNIISPK, 1999, 608 p.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### История статьи / Article history:

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### Сведения об авторах

Кузнецов Александр Андреевич – аспирант агрономического факультета Иркутского ГАУ имени А.А.Ежевского. Область исследования – сортоизучение и селекция ягодных культур Южного Прибайкалья. Автор 5 печатных работ.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный; e-mail: aleksandr-kuznecov-2000@list.ru.

Раченко Дарья Максимовна – студентка агрономического факультета Иркутского ГАУ имени А.А.Ежевского. Область исследования – сортоизучение и селекция ягодных культур.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: bigmks73@rambler.ru.

Раченко Максим Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом прикладных и экспериментальных разработок, главный научный сотрудник лаборатории физиолого-биохимической адаптации растений СИФИБР СО РАН. Область исследований – устойчивость растений к экстремальным факторам внешней среды, плодоводство, селекция плодовых и ягодных культур. Автор более 100 научных публикаций.

**Контактная информация:** СИФИБР СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132, e-mail: bigmks73@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7644-7771>.

### Information about authors

Alexander A. Kuznetsov – poststudent of the Agronomy Faculty of Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky. Research area - variety research and breeding of berry crops of the Southern Baikal region. Author of 5 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: aleksandr-kuznecov-2000@list.ru.

Darya M. Rachenko – student of the Agronomy Faculty of Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky. Research area - variety research and breeding of berry crops.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: bigmks73@rambler.ru.

Maxim A. Rachenko – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Applied and Experimental Development, Senior Researcher of the laboratory of physiological and biochemical adaptation of plants of SIPPB SB RAS. Research area – plant resistance to extreme environmental factors, fruit growing, selection of fruit and berry crops. Author of over 100 scientific publications.

**Contact information:** SIPPB SB RAS, 132 Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033, e-mail: bigmks73@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7644-7771>.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-54-62

УДК 634.75 (571.5)

Научная статья

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Р.А. Сагирова, А.В.Потанина, А.А. Леонтьев

ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”,  
Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

**Аннотация.** Впервые в условиях Предбайкалья в период с 2019 по 2021 гг. проведена сравнительная оценка продуктивности иностранных сортов земляники короткого светового дня из Италии, Голландии, Канады, Германии, Франции: “Гарда”, “Венди”, “Брилла”, “Кори”, “Королева Элиза”, “Джоли”, “Азия”, “Сирия”, “Ренессанс”, “Черный принц”, “ВР-4”, “Сибилла”, “Аргентера”, “Скала”, “Викода”, “Сальса”; нейтрального светового дня: “Шарлотта”, “Фурор”, “Фавори”, “Вивара”, “Кабрилло”, “Капри”, “Мурано”, “Монтерей”, Вима Рина. Экспериментальная работа по изучению сортов земляники проводилась в период с 2019 по 2021 гг. в Иркутском государственном аграрном университете имени А.А. Ежевского. Установлено, что созревание плодов начинается в начале третьей декады июня и завершается в первой половине августа (сорта короткого дня). В связи с наступлением заморозков не успели созреть ягоды нейтрально дневных сортов. Наиболее урожайными были сорта: “Вима Рина”, “Брилла”, “Венди”, “Королева Элиза”, “Джоли”, “Черный принц”, “Аргентера”, а крупноплодными: “Гарда”, “Королева Элиза”, “Азия”, “Джоли”, “Аргентера”, “Венди”, “Викода”, “Сальса”, “Скала”, масса плодов которых варьировала от 20 до 31 г. Самые мелкие плоды отмечены у сортов: “Вивара”, “Кабрилло”, “Капри”, “Монтерей”, “Мурано”, “Кори”, “Ренессанс”, “Шарлотта”, имевших массу плодов от 14 до 29 г. Урожайность изучаемых сортов земляники составляла от 608 до 1080 г/куст. Для возделывания в условиях Предбайкалья можно рекомендовать сорта земляники короткого дня – “Венди”, “Королева Элиза”, “Джоли”, “Черный принц”, “Аргентера”, “Сальса”; нейтрального дня – “Шарлотта”, “Фурор”, “Фавори”, “Вима”, “Рина”.

**Ключевые слова:** земляника садовая, продуктивность, масса плодов, зарубежные сорта, сорта короткого дня, сорта нейтрального дня.

**Для цитирования:** Сагирова Р.А., Потанина А.В., Леонтьев А.А. Сравнительная оценка продуктивности сортов земляники садовой зарубежной селекции в условиях Предбайкалья. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 54-62. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-54-62.

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE YIELD YIELD OF GARDEN STRAWBERRY VARIETIES OF FOREIGN SELECTION IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF BAIKAL REGION

Rosa A. Sagirova, Alina V. Potanina, Alexander A. Leontiev

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

**Abstract.** For the first time in the conditions of Predbaikalia in the period from 2019 to 2021. comparative assessment of productivity of foreign strawberry varieties of short daylight hours from Italy, Holland, Canada, Germany, France: “Garda”, “Wendy”, “Brilla”, “Cory”, “Queen Eliza”, “Jolie”, “Asia”, “Syria”, “Renaissance”, “Black Prince”, “BP-4”, “Sibilla”, “Argentera”, “Scala”, “Vicoda”, “Salsa”; neutral daylight hours: “Charlotte”, “Furor”, “Favor”, “Vivara”, “Cabrillo”, “Capri”, “Murano”, “Monterey”, “Vima Rina”. Experimental work on the study of strawberry varieties was carried out in the period from 2019 to 2021 at the Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezevsky. It was established that fruit ripening begins at the beginning of the third decade of June and is completed in the first half of August (short-day varieties). Due to the onset of frosts, berries of neutral day varieties did not have time to ripen. The most productive varieties were: “Vima Rina”, “Brilla”, “Wendy”, “Queen Eliza”, “Jolie”, “Black Prince”, “Argentera”, and large-fruited varieties: “Garda”, “Queen Eliza”, “Asia”, “Jolie”, “Argentera”, “Wendy”, “Vicoda”, “Salsa”, “Skala”, with fruit weight varying from 20 to 31 g. The smallest fruits were observed in the short-day varieties. The smallest fruits were observed in varieties: “Vivara”, “Cabrillo”, “Capri”, “Monterey”, “Murano”, “Cory”, “Renaissance”, “Charlotte”, which had fruit weight from 14 to 29 g. The yield of the studied strawberry varieties ranged from 608 to 1080 g/bush. Short-day strawberry varieties can be recommended for cultivation in Predbaikalia – “Wendy”, “Queen Eliza”, “Jolie”, “Black Prince”, “Argentera”, “Salsa”; neutral-day varieties – “Charlotte”, “Furor”, “Favori”, “Vima”, “Rina”.

**Keywords:** strawberry, productivity, fruit weight, foreign varieties, short-day varieties, neutral-day varieties.

**For citation:** Sagirova R.A., Potanina A.V., Leontiev A.A. Comparative assessment of the productivity of garden strawberry varieties of foreign breeding in the conditions of the forest-steppe zone of Pre-Paikal region. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 54-62. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-54-62.

**Введение.** Земляника садовая – самая популярная ягодная культура, рано плодоносит, ягоды обладают высокими вкусовыми качествами, ароматны, привлекательны, с богатой биохимией: содержание сахара в ягодах колеблется от 4.5 до 12%, кислоты - 0.6 до 1.6%, с преобладанием лимонной кислоты, белковых веществ 0.4 - 0.6% [5, 6, 14].

Как указывают Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров [3] короткий период от начала вегетации до созревания ягод в пределах 35-40 дней в сочетании с незначительной требовательностью к температурным условиям и широкой адаптивностью позволяют культивировать землянику в разных климатических условиях.

Укрыть на зиму землянику легко в связи с небольшим габитусом всего растения. Этот факт способствует выращиванию земляники в северных районах, где рано ложится снег. Раннее созревание земляники и большой спрос на ягоды делают эту культуру также одной из самых востребованных [1, 4, 5].

Экономическая эффективность возделывания земляники зависит прежде всего от урожайности плодов, которая во многом определяется потенциалом продуктивности того или иного сорта.

В связи с чем, выявление сортов, обеспечивающих высокую урожайность, отличные вкусовые качества, пластичность и приспособленность к возделыванию в условиях резко континентального климата Предбайкалья - важные факторы, определяющие успешность ее возделывания. Плоды земляники должны иметь красивый вид, быть товарными и качественными, а уровень урожайности должен обеспечивать рентабельность сельскохозяйственному предприятию [6, 8, 13, 14, 15].

Большим потенциалом обладают современные отечественные сорта земляники садовой. Вместе с тем огромный интерес и перспективу для возделывания, как в любительских садах, так и в промышленном садоводстве представляют многочисленные зарубежные сорта данной культуры.

Анализируя итоги интродукции зарубежных сортов, Т.И. Волкова указывает [2], что после посадки наступает плодоношение в последующие два-три года, а промышленный урожай составляет до 10-15 кг ягод с 1 м<sup>2</sup>.

Необходимо отметить, что именно иностранные сорта могут использоваться для возделывания в условиях Иркутской области в гидропонных технологиях. Так, учеными СИФИБРа СО РАН М.А. Раченко с соавторами [7] на Фитотроне в 2018-2020 гг. проводились исследования с зарубежными сортами короткого дня “Альба” и “Кимберли” и ремонтантным сортом “Сельва”, для которых установлена высокая урожайность данных сортов в сравнении с их выращиванием в условиях открытого грунта.

В условиях Иркутской области в окрестностях г. Байкальска широко возделываются сорта земляники садовой зарубежной селекции. Благодаря особенностям климата данной территории, обусловленным близостью озера Байкал, возможно получение высоких урожаев земляники, достигающих продуктивности до 150-200 ц/га [9].

**Цель** – провести сравнительную оценку урожайности плодов земляники садовой сортов зарубежной селекции в условиях Предбайкалья.

**Задачи:**

- установить среднюю и максимальную массу плода;
- определить урожайность плодов с отдельного куста земляники садовой.

**Материалы и методы.** Экспериментальная работа по изучению сортов земляники проводилась в период с 2019 по 2021 гг. в Иркутском государственном аграрном университете имени А.А. Ежевского.

Климат лесостепной зоны Предбайкалья резко континентальный. Сумма активных температур составляет 1400-1700°С. На всей территории зоны зима

мало суровая, местами суровая. Средняя температура января: - 22-25°С. Общая сумма осадков 350-400 мм в год [4].

Вегетационный период 2020 года отличался очень контрастными погодными условиями: длительным жарким сухим периодом в начальный период вегетации, с частыми обильными дождями во второй половине лета. В 2021 году количество осадков превысило месячную норму в 1.5-3 раза, за исключением жаркого июля. В целом лето 2021 года было холодным и дождливым. Периоды перезимовки были благоприятными для роста и развития изучаемых сортов земляники [11, 12].

Объекты исследований – 25 сортов садовой земляники зарубежной селекции из Италии, Голландии, Канады, Германии, Франции (таблица 1, таблица 2) высажены весной 2019 года на участке 0.2 га по схеме 70 см между рассадой и 30 см в ряду по 30 шт. каждого сорта в трехкратной повторности в почвенную смесь, состоящую из дерновой земли песка в соотношении 3:1 с добавлением костной муки из расчета 100 г на 1 м<sup>2</sup> [10].

Таблица 1 – Средняя и максимальная масса плодов крупноплодной земляники в условиях лесостепной зоны Предбайкалья, 2020-2021 гг.

Table 1 – The average and maximum weight of fruits of large-fruited strawberries in the conditions of the forest-steppe zone of Pre-Baikal region, 2020-2021

Сорт	Средняя масса ягоды, г		Максимальная масса ягоды, г	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
нейтрального дня				
1	2	3	4	5
“Вивара”	14.4±2	-*	19.5±3	-
“Вима Рина”	20.1±3	23.2±3	27.4±4	30.3±4
“Кабрилло”	15.6±2	-	24.5±3	-
“Капри”	14.4±2	-	18.6±2	-
“Монтерей”	13.9±1	-	17.9±2	-
“Мурано”	15.2±2	-	19.4±3	-
“Фавори”	23.5±4	22.4±3	31.8±5	30.1±3
“Фурор”	25.5±4	26.3±4	32.7±4	31.6±4
“Шарлотта”	15.8±2	14.7±2	22.6±3	22.4±3
короткого дня: раннего срока созревания				
“Брилла”	28.6±4	27.9±4	35.2±4	34.8±4
“Венди”	25.9±3	24.8±3	40.1±5	41.2±5
“Гарда”	28.5±4	-	42.2±6	-
“Кори”	17.2±2	-	23.4±3	-
“Королева Элиза”	31.4±5	30.2±4	61.6±7	60.8±10
короткого дня: среднего срока созревания				
“Азия”	25.6±4	24.1±3	41.4±6	40.6±5
“ВР-4”	20.1±3	20.5±3	37.9±5	38.1±4
“Джоли”	27.8±3	25.4±3	41.4±6	40.2±6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
“Ренессанс”	14.8±2	-	20.3±3	-
“Сибилла”	24.7±4	24.1±3	31.7±5	30.2±4
“Сирия”	22.3±3	21.8±2	38.9±6	39.4±6
“Черный принц”	23.4±3	24.6±3	34.8±5	36.3±5
короткого дня: позднего срока созревания				
“Аргентера”	27.8±4	26.5±3	41.6±6	40.3±5
“Викода”	31.4±6	31.6±5	47.1±7	46.4±5
“Сальса”	30.6±4	29.4±4	44.8±7	43.5±5
“Скала”	28.6±4	28.4±3	43.8±6	44.5±4

Примечание: \* – нет данных в связи с вымерзанием в 2020/2021 гг.

Таблица 2 – Продуктивность сортов крупноплодной земляники в условиях лесостепной зоны Предбайкалья, г/куста, 2020-2021 гг.

Table 2 – Productivity of varieties of large-fruited strawberries in the conditions of the forest-steppe zone of Pre-Baikal region, g/bush, 2020-2021

Сорт	Продуктивность, г/куста	
	2020 г.	2021 г.
нейтрального дня		
1	2	3
“Бивара”	234.1	-*
“Вима Рина”	672.3	756.4
“Кабрилло”	244.3	-
“Капри”	218.8	-
“Монтерей”	209.7	-
“Мурано”	234.9	-
“Фавори”	894.4	354.2
“Фурор”	809.5	346.8
“Шарлотта”	610.2	608.0
НСР <sub>05</sub>	40.1	10.4
короткого дня: раннего срока созревания		
“Брилла”	822.4	818.7
“Венди”	876.5	882.4
“Гарда”	375.6	-
“Кори”	225.7	-
“Королева Элиза”	1156.9	1080.3
НСР <sub>05</sub>	60.0	65.3
короткого дня: среднего срока созревания		
“Азия”	642.4	628.7
“ВР-4”	678.3	656.1
“Джоли”	873.5	852.4
“Ренессанс”	264.2	-
“Сибилла”	650.7	625.3
“Сирия”	639.9	618.8
“Черный принц”	728.1	802.5
НСР <sub>05</sub>	30.6	29.8

Продолжение таблицы 2

1	2	3
короткого дня: позднего срока созревания		
“Аргентера”	1186.8	982.5
“Викода”	618.5	629.7
“Сальса”	608.4	617.2
“Скала”	612.7	604.6
НСР <sub>05</sub>	90.4	60.8

Примечание: \* – нет данных в связи с вымерзанием в 2020/2021 г.

**Результаты и их обсуждение.** На основании полученных результатов установлено, что созревание плодов начиналось в начале третьей декады июня и завершалось у сортов короткого дня в первой половине августа, а нейтрально дневных – ягоды не успели созреть из-за резкого похолодания.

Наиболее крупноплодными были сорта: “Гарда”, “Королева Элиза”, “Азия”, “Джоли”, “Аргентера”, “Венди”, “Викода”, “Сальса”, “Скала”, имевшие массу плодов от 20 до 31 г. Самые мелкие плоды отмечены у сортов: “Вивара”, “Кабрилло”, “Капри”, “Монтерей”, “Мурано”, “Кори”, “Ренессанс”, “Шарлотта”, масса плодов которых варьировала от 14 до 29 г. Мелкоплодность данных сортов, за исключением сорта “Шарлотта” (средняя масса ягод составила 20 г), стала следствием низкой зимостойкости.

Анализируя полученные результаты (табл.2) отмечено, что сорта земляники обладали урожайностью, которая достигала от 608 до 1080 г/куст.

**Заключение.** На основании проведенных исследований в условиях лесостепной зоны Предбайкалья для возделывания земляники садовой можно рекомендовать сорта короткого дня – “Венди”, “Королева Элиза”, “Джоли”, “Черный принц”, “Аргентера”, “Сальса”; нейтрального дня – “Шарлотта”, “Фурор”, “Фавори”, “Вима”, “Рина”, которые обладали наибольшей урожайностью.

#### Список литературы

1. Агротехнические приемы в селекции земляники садовой / А.А. Кузнецов, А.М. Раченко, М.А. Раченко, Е.В. Бояркин // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК // Матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (Молодежный, 16-17 марта 2023 года) // Молодежный:ИрГАУ, 2023. – С. 69-74.
2. Волкова, Т.И. Итоги интродукции зарубежных сортов земляники / Т.И. Волкова // Садоводство и виноградарство. – 1993. – № 3. – С. 22-24.
3. Говорова, Г.Ф. Земляника и клубника: Монография / Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров – М.: Проспект, 2016. – 317 с.
4. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н.С. Беркин, С.А. Филиппова, В.М. Бояркин [и др.] // Под ред. Н.С. Беркина – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1993. – 304 с.
5. Исачкин, А.В. Сортовой каталог. Ягодные культуры / А.В. Исачкин, Б.Н. Воробьев, О.Н. Аладына – М.: ЭКСМО-Пресс; Лик пресс, 2001. – 416 с.

6. Козлова, И.И. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой / И.И. Козлова, И.В. Лукьянчук, Е.В. Жбанова // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. - № 2. – С. 45-49. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211.
7. Перспективы круглогодичного выращивания земляники крупноплодной в условиях Южного Предбайкалья / М.А. Раченко, А.М. Раченко, Е.Н. Киселева, Л.Е. Камышова // Вестник ИрГСХА. – 2021. – Вып. 103. – С. 42-52. – DOI: 10.51215/1999-765-2021- 103-42-52.
8. Сагирова, Р.А. Результаты изучения сортов крупноплодной земляники (*Fragaria Ananasa Duch.*) в условиях лесостепной зоны Предбайкалья / Р.А. Сагирова, А.А. Леонтьев // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии// Матер. VIII междунар. науч.-практ. конф.// Молодежный: ИрГАУ, 2019. – С. 96-102.
9. Сагирова, Р.А. Сравнительная оценка сортов земляники крупноплодной (*Fragaria ananasa Duch.*) в условиях г. Байкальска /Р.А. Сагирова, С.В. Радионова // Вестник ИрГСХА. – 2018. – Вып. 88. – С. 22-30.
10. Седов, Е.Н. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Е.Н. Седов, Т.П. Огольцова – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
11. Среднегодовая средняя, минимальная и максимальная температура воздуха, количество осадков по годам в пункте Иркутск // Термограф: архивные данные температуры воздуха и количества осадков: сайт. – URL: [http://thermograph.ru/mon/st\\_30791-u\\_monnorms.htm](http://thermograph.ru/mon/st_30791-u_monnorms.htm) (дата обращения: 20.10.2024).
12. Среднемесячная и годовая температура воздуха в Иркутске // ТеплоDomus.ru: сайт. – URL: <http://teplodomus.ru/statistics/temperature/38/> (дата обращения: 20.10.2024).
13. Стольникова, Н.П. Барабинская – новый сорт земляники ананасной / Н.П. Стольникова, А.В. Колесникова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2009. – № 7 (57). – С. 12-14.
14. Cultivars developed in the strawberry breeding program of Fresas Nuevos Materiales // Acta Horticulturae. – 2017. – Vol. 1156. – P. 145-150. DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1156.21.
15. Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species // Plant Cell. – 2004. – Vol. 16. – P. 3110-3131.

### References

1. Kuznetsov, A.A. et al. Agrotekhnicheskie priemy v selektsii zemlyaniki sadovoi [Agrotechnical techniques in the selection of strawberries]. Molodezhnyi, 2023, pp. 69-74.
2. Volkova, T.I. Itogi introduktsii zarubezhnykh sortov zemlyaniki [The results of the introduction of foreign strawberry varieties]. Sadovodstvo i vinogradarstvo, 1993, no. 3, pp. 22-24.
3. Govorova, G.F., Govorov, D.N. Zemlyanika i klubnika: monografiya [Strawberries and Wild Strawberries: Monograph]. Moscow: Prospekt, 2016, 317 p.
4. Berkin, N.S. et al. Irkutskaya oblast' (prirodnye usloviya administrativnykh raionov) [Irkutsk region (natural conditions of administrative districts)]. Irkutsk: Izd-vo Irkut. un-ta, 1993, 304 p.
5. Isachkin, A.V. et al. Sortovoi katalog. Yagodnye kul'tury [Varietal catalog. Berry crops]. Moscow: ENKSMO-Press; Lik press, 2001, 416 p.
6. Kozlova, I.I. et al. Sortiment i tekhnologiya proizvodstva vysokokachestvennykh yagod zemlyaniki sadovoi [Assortment and technology of production of high-quality garden strawberries]. Dostizheniya nauki i tekhniki AПК. 2019, vol. 33, no. 2, pp. 45-49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211
7. Rachenko, M.A. et al. Perspektivy kruglogodichnogo vyrashchivaniya zemlyaniki krupnoplodnoi v usloviyakh Yuzhnogo Predbaikal'ya [Prospects for year-round cultivation of large-fruited strawberries in the conditions of the Southern Pre-Baikal region]. Vestnik IRGSHA. 2021, no.103, pp. 42-52. DOI: 10.51215/1999-765-2021- 103-42-52
8. Sagirova, R.A., Leontjev, A.A. Rezul'taty izucheniya sortov krupnoplodnoi zemlyaniki

(Fragaria Ananasa Duch.) v usloviyakh lesostepnoi zony Predbaikal'ya [The results of the study of varieties of large-fruited strawberries (Fragaria Ananassa Duch.) in the conditions of the forest-steppe zone of Pre-Baikal region]. Molodezhnyi, 2019, pp. 96-102.

9. Sagirova, R.A., Radionova, S.V. Sravnitel'naya otsenka sortov zemlyaniki krupnoplodnoi (Fragaria ananasa Duch.) v usloviyakh g. Baikal'ska [Comparative assessment of varieties of large-fruited strawberries (Fragaria ananassa Duch.) in the conditions of the city of Baikalsk]. Vestnik IRGSHA. 2018, no. 88, pp. 22-30.

10. Sedov, E.N., Ogoltsova, T.P. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur [The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops]. Orel: Izd-vo VNIISPK, 1999, 608 p.

11. Srednegodovaya srednyaya, minimal'naya i maksimal'naya temperatura vozdukha, kolichestvo osadkov po godam v punkte Irkutsk [Average annual average, minimum and maximum air temperature, precipitation by year in Irkutsk]. URL: [http://thermograph.ru/mon/st\\_30791-y\\_monnorms.htm](http://thermograph.ru/mon/st_30791-y_monnorms.htm) (date of access: 20.10.2024).

12. Srednemesyachnaya i godovaya temperatura vozdukha v Irkutske [The average monthly and annual air temperature in Irkutsk]. URL: <http://teplodomus.ru/statistics/temperature/38/> (date of access: 20.10.2024).

13. Stolnikova, N.P., Kolesnikova, A.V. Barabinskaya – novyi sort zemlyaniki ananasnoi [Barabinskaya – a new variety of pineapple strawberries]. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2009, no. 7 (57), pp. 12-14.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.010.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.11.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Леонтьев Александр Алексеевич – аспирант кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный 1/1, e-mail: Leontuv.aleksandr@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6870-0580>.

Потанина Алина Валерьевна – магистрант кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный 1/1, e-mail: potanina.alina@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6869-0585>.

Сагирова Роза Агзамовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры Земледелия и растениеводства агрономического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. Область исследования – изучение кормовых, плодово-ягодных, масличных и декоративных культур. Автор 121 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, агрономический факультет, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный 1/1, e-mail: Roza.sagirova.66@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0871-3702>.

#### **Information about authors**

Alexander A. Leontiev – poststudent of the Agronomy Faculty of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: [Leontuv.aleksandr@mail.ru](mailto:Leontuv.aleksandr@mail.ru); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6870-0580>.

Alina V. Potanina – master of the Agronomy Faculty of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: [potanina.alina@mail.ru](mailto:potanina.alina@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6869-0585>.

Rosa A. Sagirova– Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture and Crop Production of the Agronomy Faculty of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. The field of study – forage, fruit, berry, oilseed and ornamental crops. Author of 121 scientific works related to the study of fodder, fruit and berry, oilseeds and ornamental crops.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: [Roza.sagirova.66@mail.ru](mailto:Roza.sagirova.66@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0871-3702>.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-63-71

УДК 631.512 (571.53)

Научная статья

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАШНИ НА ПРИМЕРЕ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА БАЯНДАЕВСКОГО РАЙОНА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. Солодун, О.В. Рябинина, Т.В. Амакова

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодежный,  
Иркутский район, Иркутская область, Россия*

**Аннотация.** Агропромышленный комплекс входит в состав ключевых секторов России, гарантирующих продовольственную безопасность страны, в которой крестьянско-фермерские хозяйства обеспечивают до 60% валового сбора зерновых и масличных культур. Помимо обеспечения населения высококачественной сельскохозяйственной продукцией, современный сельхозпроизводитель должен стремиться к наиболее рациональному, экологически и технологически обоснованному использованию земли, непрерывному повышению эффективного плодородия почвы. Практическая деятельность показывает, что совершенствование основных элементов системы земледелия в конкретном хозяйстве позволяет более эффективно использовать сельскохозяйственные земли, повышает воспроизводство плодородия почвы, способствует получению максимальных и устойчивых урожаев возделываемых культур. На примере одного из фермерских хозяйств Баяндаевского района Иркутской области разработана оптимальная структура пашни и посевов, учитывающая специфику хозяйства и местные природные условия. Специализация КФХ – зерно-молочно-мясное, поголовье крупного рогатого скота составляет 350 условных голов, их содержание летом – пастбищное, зимой – стойловое. Хозяйство является единственным семеноводческим предприятием в Баяндаевском районе по производству элитных семян по ряду таких культур, как пшеница, овес и ячмень. Основным фактором, лимитирующим ведение земледелия, является недостаток тепла и влаги. Анализ фактической структуры использования пашни и посевов позволил разработать более перспективную модель, так как сложившаяся структура использования пашни имеет существенные недостатки и нуждается в корректировке на перспективу. Разработанная структура использования пашни позволит существенно увеличить выход основной продукции по зерну, кормам и снизить расход гумуса в 2 раза. Для расширенного воспроизводства плодородия по мере освоения системы земледелия часть чистых паров предлагается заменять поэтапно на сидеральные и занятые.

**Ключевые слова:** Баяндаевский район, крестьянско-фермерское хозяйство, структура пашни, баланс гумуса, продуктивность.

**Для цитирования:** Солодун В.И., Рябинина О.В., Амакова Т.В. Оптимизация структуры использования пашни на примере фермерского хозяйства Баяндаевского района Иркутской области. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 63-71. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-63-71.

## OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF ARABLE LAND USE ON THE EXAMPLE OF A FARM IN THE BAYANDAEVSKY DISTRICT OF IRKUTSK REGION

Vladimir I. Solodun, Olga V. Riabinina, Tatyana V. Amakova

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

**Abstract.** The agro-industrial complex is one of the key sectors of Russia that guarantees food security for the country, where peasant farms provide up to 60% of the gross harvest of grain and oilseed crops. In addition to providing the population with high-quality agricultural products, a modern agricultural producer must strive for the most rational, ecologically and technologically sound use of land, and continuous improvement of effective soil fertility. Practical activity shows that improving the basic elements of the farming system in a particular farm allows for more efficient use of agricultural land, increases the reproduction of soil fertility, and contributes to obtaining maximum and sustainable yields of cultivated crops. Using the example of one of the farms in the Bayandaevsky district of Irkutsk region, an optimal structure of arable land and crops has been developed, taking into account the specifics of the farm and local natural conditions. The peasant farm specializes - in grain, dairy and meat; the cattle population is 350 conventional heads; they are kept on pasture in summer and in stalls in winter. The farm is the only seed-growing enterprise in Bayandaevsky district for the production of elite seeds for a number of crops such as wheat, oats and barley. The main factor limiting farming is the lack of heat and moisture. The analysis of the actual structure of the use of arable land and crops allowed us to develop a more promising model, since the current structure of the use of arable land has significant drawbacks and needs to be adjusted for the future. The developed structure of arable land use will significantly increase the yield of the main products for grain, feed and reduce the consumption of humus by 2 times. For expanded reproduction of fertility as the farming system is developed, it is proposed to gradually replace part of the clean fallows with green manure and occupied ones.

**Keywords:** Bayandaevsky district, peasant farming, arable land structure, humus balance, productivity.

**For citation:** Solodun V.I., Riabinina O. V. Amakova T.V. Optimization of the structure of arable land use on the example of a farm in the Bayandaevsky district of Irkutsk region. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2024; 6 (125): 63-71. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-63-71.

**Введение.** Агропромышленный комплекс России является одним из ключевых секторов, обеспечивающих продовольственную безопасность страны и занятость населения как близлежащих, так и удаленных от центров экономического развития регионов. Наряду с крупными агропромышленными холдингами важную роль играют небольшие аграрные предприятия. В настоящее время мелкие фермеры и крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) обеспечивают до 60% валового сбора зерновых и масличных культур в стране. Малые сельхозпредприятия собрали около половины урожая зерна в России в 2023 году, а в общем объеме сельхозпроизводства доля фермеров составила около 15%. По

данным сельскохозяйственной микропереписи 2021 года агропромышленный комплекс Иркутской области включает 154 сельскохозяйственных организаций, 2226 КФХ, которые являются важной составляющей экономики региона [4, 9].

В настоящее время сельхозпроизводители должны стремиться к наиболее рациональному, экологически и технологически обоснованному использованию земли, непрерывному повышению эффективного плодородия почвы для достижения более высокой урожайности сельскохозяйственных культур при наименьших затратах труда и средств на единицу продукции. Следует учесть, что в системе совершенствования сельскохозяйственного производства важная роль принадлежит земледелию. Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве определяет непрерывное развитие систем земледелия, делает их более динамичными. Они должны соответствовать уровню современных достижений науки и практики в сельском хозяйстве и тесно взаимодействовать со всей системой ведения хозяйства.

**Цель** – усовершенствовать систему использования пашни в КФХ “ИП Глава КФХ Павлов Э.Н.”.

**Задачи:**

- анализ системы земледелия КФХ;
- разработка адаптивной структуры использования пашни и посевов с учетом специфики хозяйства и местных природных условий.

**Результаты и их обсуждение.** Баяндаевский район расположен в пределах Лено-Ангарского плато Среднесибирского плоскогорья в Иркутско-Балаганской лесостепи на самой вершине водораздела Лена-Енисей на высотах свыше 600-700 м над уровнем моря. Район протянулся на 100 км в длину и на 40 км в ширину вдоль Якутского тракта, занимая площадь 375619 га, общая площадь земель составляет 964 га, средняя высота над уровнем моря составляет от 600 до 700 м [1].

Природно-климатические условия Баяндаевского района отличаются сильной степенью континентальности, которая значительно выделяется даже на фоне континентального климата Иркутской области. Первая половина лета, как правило, засушливая, с большим количеством ясных дней; во второй половина лета выпадает значительное количество осадков. Среднемноголетнее количество осадков колеблется от 320 до 380 мм, в том числе в период с мая по сентябрь выпадает 210-260 мм. Частота ранневесенних и весенне-летних засух повторяется от 4 до 5 за 10 лет. Продолжительность зимнего периода в среднем длится 182 дня, который сопровождается низкими температурами до минус 40-50°С и значительным промерзанием грунтов до 3.0 м. Данные природно-климатические условия сложились около 12-13 тысяч лет назад и практически мало чем изменились.

Среди почв преобладают серые лесные и темно-серые лесные суглинистые с содержанием гумуса от 3.5 до 6.0 %, реакцией почвы от 5.5 до 6.5. Глубина пахотного слоя варьирует от 22 до 26 см, степень засоренности пашни средняя [1-3, 10].

КФХ “ИП Глава КФХ Павлов Э.Н” создано в 1998 году в Баяндаевском районе Иркутской области. Оно расположено в д. Молой, в 23 км от районного центра (с. Баяндай) и 120 км от областного центра (г. Иркутск). Хозяйство находится в Усть-Ордынско-Баяндаевском остепенно-лесостепном агроландшафтном районе Иркутской области. Землепользование КФХ состоит из нескольких участков, расположенных на территориях трех муниципальных образований Баяндаевского района: МО “Таханы”, МО “Люры”, МО “Ользоны”. Площадь пашни составляет 2057 га, пары занимают 1071 га. В 2021 году пшеница возделывалась на площади 200 га, ячмень – 111 га, овес – 220 га, горохо-овес с подсевом донника – 455 га. Специализация хозяйства – зерно-молочно-мясное. В хозяйстве имеются 350 условных голов крупного рогатого скота, их содержание летом – пастбищное, зимой – стойловое. Хозяйство является единственным семеноводческим предприятием в Баяндаевском районе по производству элитных семян по ряду таких культур, как пшеница, овес и ячмень.

Основным фактором, лимитирующим ведение земледелия, является недостаток тепла и влаги.

Анализ фактической структуры использования пашни и посевов в хозяйстве позволил разработать более перспективную модель структуры пашни и посевов, которая приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура использования пашни и посевов

Table 1 – Structure of use of arable land and crops

Элемент структуры пашни	Фактическая		Планируемая	
	га	в % к пашне	га	в % к пашне
Пашни всего:	2057	100	2057	100
из них:				
Зерновых	531	25.8	917	44.5
в т. ч.:				
пшеница	201			
ячмень	110			
овес	220			
Кормовых	455	22.1	640	31.1
(в т.ч. однолетние травы + донник)	(227.5+227.5)			
Пар чистый	1071	52.0	500	24.3

Как следует из представленных данных, фактическая структура использования пашни имеет существенные недостатки и нуждается в корректировке на перспективу. Так, по научно обоснованным рекомендациям [8] для данного агроландшафтного района используется следующая структура

пашни: пары 22-24%, кормовые 29-31% и зерновые 49-51%. Приведенные данные свидетельствуют о том, что фактическая структура пашни в хозяйстве, существенно отличается от рекомендованной. В частности, доля чистых паров в хозяйстве превышает научно обоснованную более, чем в два раза и составляет 57.1%. Это свидетельствует о том, что более половины пашни хозяйства не дает продукции и используется не продуктивно. В то же время доля зерновых крайне низка и составляет всего 22.7%. Несмотря на то, что основное направление хозяйства – производство животноводческой продукции - доля кормовых культур низкая и составляет 22.1%.

В целом сложившаяся структура пашни и посевов, во-первых, не соответствует научно обоснованной, во-вторых, не отвечает принятой специализации хозяйства и является мало перспективной. В связи с этим нами предложена более перспективная и научно обоснованная структура пашни и посевов, в которой предусматривается существенно сократить долю чистого пара до рекомендованной – 24.3%, долю зерновых повысить с 25.8 до 44.5%, кормовых – с 22.1 до 31.1%. Это позволит существенно повысить валовые сборы зерна, которые могут быть использованы не только на кормовые цели, но и на продажу, а также резко повысить обеспеченность имеющегося поголовья животных кормами, а при необходимости – увеличить поголовье животных.

По проведенным расчетам планируемая структура использования пашни позволит существенно увеличить выход основной продукции по зерну и кормам (табл. 2).

**Таблица 2 – Выход продукции с 1 га севооборотной площади при фактической и планируемой структуре использования пашни, ц/га**

**Table 2 – Output of products from 1 ha of crop rotation area with the actual and planned structure of arable land use, c/ha**

Наименование продукции	Фактический выход	Планируемый выход
Звено	6.4	11.1
Кормовые единицы	10.3	16.7

Производство зерна возрастет на 4.7 ц/га с гектара севооборотной площади (при планируемой урожайности зерновых 25 ц/га) или на 73.4%, а кормовых единиц на 62.1% с 10.3 до 16.7 ц. Общий выход кормовых единиц при сложившейся структуре пашни составил 21187 ц, а при планируемой – 34352 ц. Если учесть, что на 1 условную голову требуется в год 52 ц к.ед. при надое 5000 литров молока от одной фуражной (условной головы), то хозяйство при условии использования всей продукции (зерна и кормов) может содержать не 350, а не менее 650 голов скота. Однако с учетом того, что хозяйство еще выращивает зерновые на реализацию, то оптимальным поголовьем животных может быть примерно 400-450 голов.

Структура пашни и посевов, кроме задачи повышения производства продукции растениеводства и животноводства, оказывает огромное влияние на состояние почвенного плодородия. Узкая специализация, например, зерновая, в сочетании с чистым паром ведет к однотипным севооборотам, близким к монокультуре, что однозначно ведет к деградации и истощению почв, возрастанию внутренних и внешних противоречий в системах земледелия [5, 6]. Поэтому сама структура пашни, по сути, являясь макросевооборотом – важнейшим элементом системы земледелия, придающим устойчивость всей системе.

Произведен расчет баланса органического вещества (гумуса) по методике почвенного института имени В.В. Докучаева [7] при сложившейся и планируемой структуре использования пашни (табл. 3).

Таблица 3 – Баланс органического вещества в хозяйстве при существующей и планируемой структуре использования пашни

Table 3 – Balance of organic matter in the farm with the existing and planned structure of arable land use

Элементы структуры пашни	Фактическая структура			Планируемая структура		
	расход гумуса, т/га	расход гумуса, т/га	баланс гумуса, +/- т/га	расход гумуса, т/га	расход гумуса, т/га	баланс гумуса, +/- т/га
Пар чистый	2142	0	-2142	1000	0	-1000
Зерновые	265	159	-106	758	275	-183
Однолетние травы	68	465	-72	96	64	-32
Многолетние травы	0	114	+114	0	160	+160
Итого	2475	319	-2156	1554	499	-1055

Полученные данные показали, что при планируемой структуре пашни расход гумуса снизится в 2 раза, но баланс все еще остается дефицитным. В качестве дополнительного источника в хозяйстве может использоваться на удобрение солома, выход которой от зерновых может составить (при соотношении зерна и соломы 1:1.2 – 1100 т), что полностью погасит дефицит органического вещества при условии использования соломы в виде компостов с удобрениями.

Для расширенного воспроизводства плодородия по мере освоения системы земледелия часть чистых паров (из 24.3%) можно заменить на сидеральные и занятые.

**Заключение.** Разработанная модель структуры использования пашни и посевов для КФХ “ИП Глава КФХ Павлов Э.Н.” позволит увеличить производство зерна на 73.4%, общий выход кормов на 62% и создать

бездефицитный баланс органического вещества в почве. Необходимым условием для достижения таких показателей необходимо поддерживать урожайность зерновых на уровне 23-26 ц/га, кормовых на зеленую массу – 100 ц/га и использовать в качестве органического удобрения солому в виде различных компостов (с минеральными и органическими удобрениями).

#### Список литературы

1. Баяндаевский район: Иркутская область. – URL: <https://www.pribaikal.ru/bajandaevskij.html>. – (дата обращения: 20.10.2024). – Режим доступа: свободный.
2. Баяндаевский район // Википедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Баяндаевский\\_район](https://ru.wikipedia.org/wiki/Баяндаевский_район) – (дата обращения: 20.10.2024). – Режим доступа: свободный.
3. Баяндаевский район: Иркутская область. – URL: <https://www.pribaikal.ru/bajandaevskij.html> – (дата обращения: 19.10.2024). – Режим доступа: свободный.
4. Дудин, М.Н. Проблемы и перспективы развития крестьянских (фермерских) хозяйств в российском АПК / М.Н. Дудин, Н.В. Лясников – URL: <https://economic.ru/lib/114669> – (дата обращения: 19.10.2024). – Режим доступа: свободный.
5. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко, А.А. Ищенко – Кишнев: Штиинца, 1990. – 431 с.
6. Лыков, А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья // А.М. Лыков, А.И. Еськов, М.Н. Новиков – М.: Россельхозакадемия – ГНЦ ВНИПТИОУ, 2004. – 630 с.
7. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв // Составитель К.В. Дьяконова, Л.Н. Александрова, И.С. Кауричев, А.Ф., А.Д. Фомин – М: ВАСХНИЛ, 1984. – 96 с.
8. Солодун, В.И. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Иркутской области / В.И. Солодун, В.Т. Мальцев, Н.Н. Дмитриев и др. – Иркутск: Изд-во ИрГАУ, 2011. – 191 с.
9. “Титаник” сельского хозяйства: почему фермеры в России так близки к банкротствам. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/508720-titanik-sel-skogo-hozajstva-rosemu-fermery-v-rossii-tak-blizki-k-bankrotstvam> – (дата обращения: 19.10.2024). – Режим доступа: свободный.
10. Что есть Баяндаевский район? // Электронная память Баяндаевского района. – URL: <https://elramayat.ru/что-есть-баяндаевский-район> (дата обращения: 19.10.2024). – Режим доступа: свободный.

#### References

1. Bayandaevskij rajon: Irkutskaya oblast' [Bayandaevsky district: Irkutsk region]. URL: <https://www.pribaikal.ru/bajandaevskij.html> (data obrashcheniya: 20.10.2024). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
2. Bayandaevskij rajon // Vikipediya [Bayandaevsky district // Wikipedia]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Bayandaevskij\\_rajon](https://ru.wikipedia.org/wiki/Bayandaevskij_rajon) (data obrashcheniya: 20.10.2024). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
3. Bayandaevskij rajon: Irkutskaya oblast' [Bayandaevsky district: Irkutsk region]. URL: <https://www.pribaikal.ru/bajandaevskij.html> (data obrashcheniya: 19.10.2024). Rezhim dostupa: svobodnyj.
4. Dudin, M.N., Lyasnikov, N.V. Problemy i perspektivy razvitiya krest'yanskih (farmerskih) hoz'yajstv v rossijskom APK [Problems and prospects of development of peasant (farm) farms in the

Russian agro-industrial complex]. URL: <https://1economic.ru/lib/114669> (data obrashcheniya: 19.10.2024). – Rezhim dostupa: svobodnyj.

5. Zhuchenko, A.A., Ishchenko, A.A. Adaptivnoe rastenievodstvo [Adaptive crop production]. Kishenev: SHTiinca, 1990, 431 p.

6. Lykov, A.M. et al. Organicheskoe veshchestvo pahotnyh pochv Nechernozem'ya [Organic matter of arable soils of the Non-Chernozem region]. Moscow: Rossel'hozakademiya – GNC VNIPTIOU, 2004, 630 p.

7. Rekomendacii dlya issledovaniya balansa i transformacii organicheskogo veshchestva pri sel'skohozyajstvennom ispol'zovanii i intensivnom okul'turivanii pochv [Recommendations for the study of the balance and transformation of organic matter in agricultural use and intensive cultivation of soils]. Moscow: VASKHNIL, 1984, 96 p.

8. Solodun, V.I. et al. Adaptivno-landshaftnaya sistema zemledeliya Irkutskoj oblasti [Adaptive landscape system of agriculture of the Irkutsk region]. Irkutsk: Izd-vo IrGAU, 2011, 191 p.

9. “Titanik” sel'skogo hozyajstva: pochemu fermery v Rossii tak blizki k bankrotstvam [“Titanic” of agriculture: why farmers in Russia are so close to bankruptcy]. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/508720-titanik-sel-skogo-hozajstva-pocemu-fermery-v-rossii-tak-blizki-k-bankrotstvam> (data obrashcheniya: 19.10.2024). – Rezhim dostupa: svobodnyj.

10. CHto est' Bayandaevskij rajon? // Elektronnaya pamyat' Bayandaevskogo rajona [What is Bayandaevsky district? // Electronic memory of Bayandaevsky district]. – URL: <https://elpamayat.ru/chto-est'-bayandaevskij-rajon> (data obrashcheniya: 19.10.2024). – Rezhim dostupa: svobodnyj.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Амакова Татьяна Витальевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследования - изучение свойств почвы под влиянием антропогенного воздействия. Автор 56 работ.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодёжный, e-mail: amakovatiana@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9249-3479.

Рябинина Ольга Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Автор свыше 70 научных публикаций в рецензируемых журналах. Область исследования - изучение свойств почвы под влиянием антропогенного воздействия.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодёжный, e-mail: OLYA.RIABININA@yandex.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3193-4610>.

Солодун Владимир Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследования – разработка научных основ современных систем земледелия. Автор свыше 300 публикаций и 10 монографий.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодёжный, e-mail: solodun.1951@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7040-0478.

### Information about authors

Tatyana V. Amakova - Candidate of Agricultural Sciences, Ass. Professor of the Department of Agriculture and Plant Growing, Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - study of soil properties under the influence of anthropogenic impact. Author of 56 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Pos. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: amakovatiana@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9249-3479.

Olga V. Riabinina– Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Agriculture and Crop Production. Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - study of soil properties under the influence of anthropogenic impact. Author of more than 70 in peer-reviewed journals.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: OLYA.RIABININA@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3193-4610>.

Vladimir I. Solodun– Doctor of Agricultural Sciences, Ass. Professor of the Department of Agriculture and Plant Growing, Agronomy Faculty Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area – development of scientific foundations of modern agricultural systems. Author of over 300 publications and 10 monographs.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: solodun.1951@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7040-0478.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-72-78

УДК 631.461.6

Научная статья

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПОД ЦИКОРИЕМ ОБЫКНОВЕННЫМ В УСЛОВИЯХ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

И.С. Шеметова, Н.В. Матвеева

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодежный,  
Иркутский р-он, Иркутская область, Россия*

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследований биологической активности почвы под цикорием корневым в условиях Предбайкалья. Цикорий корневой является перспективной культурой для возделывания в условиях региона, при этом не учтенным остается вопрос биологической активности почвы для разработки зональной технологии его возделывания. Биологическая активность почвы зависит от деятельности полезной микрофлоры, которая чувствительна к дефициту или избытку влаги. Цикорий корневой, в процессе формирования урожая использует значительное количество почвенной влаги, что оказывает существенное влияние на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Сокращение численности плесневых грибов в почве под фитоценозами второго года жизни свидетельствует о положительном влиянии корневых выделений цикория. Погодные условия в годы проведения экспериментальных исследований были разными, что повлияло на биологическую активность почвы, но не препятствовало нормальному росту и развитию цикория. Активная жизнедеятельность почвенных микроорганизмов оказывает положительное влияние на мобилизацию доступных форм элементов питания для возделываемых культур. Цикорий корневой в качестве предшественника способен оказать благотворное влияние на структурное состояние почвы и биологические процессы, протекающие в ней. В периоды оптимального количества выпадения осадков отмечается устойчивая интенсивность микробиологических процессов в почве.

**Ключевые слова:** биологическая активность, цикорий корневой, метод аппликации.

**Для цитирования:** Шеметова И.С., Матвеев Н.В. Биологическая активность почвы под цикорием обыкновенным в условиях Предбайкалья. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 72-78. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-72-78.

## BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SOIL UNDER COMMON CHICORY IN THE CONDITIONS OF PRE-BAIKAL REGION

Inna S. Shemetova, Natalia V. Matveeva

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

**Abstract.** This paper presents the results of studies of the biological activity of the soil under chicory root in the conditions of Pre-Baikal region. Chicory root is a promising crop for cultivation in the conditions of the region, while the issue of biological activity of the soil for the development of zonal technology of its cultivation remains unexplored. The biological activity of the soil depends on the activity of beneficial microflora, which is sensitive to moisture deficiency or excess. Chicory root, in the process of crop formation, uses a significant amount of soil moisture, which has a significant impact on the vital activity of soil microorganisms. A decrease in the number of mold fungi in the soil under phytocenoses of the second year of life indicates a positive effect of chicory root secretions. Weather conditions during the years of experimental research were different, which affected the biological activity of the soil but did not interfere with the normal growth and development of chicory. The active vital activity of soil microorganisms has a positive effect on the mobilization of available forms of nutrients for cultivated crops. Chicory root as a precursor is able to have a beneficial effect on the structural condition of the soil and the biological processes occurring in it. During periods of optimal precipitation, there is a steady intensity of microbiological processes in the soil.

**Keywords:** biological activity, root chicory, application method.

**For citation:** Shemetova I.S., Matveeva N.V. Biological activity of the soil under common chicory in the conditions of pre-Baikal region. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 72-78. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-72-78.

**Введение.** Различные факторы оказывают влияние на микробную активность почвы. Биологический фактор играет важную роль в воспроизводстве почвенного плодородия. Повлиять на абиотические факторы нельзя, однако возможно с помощью мелиоративных мероприятий изменить эдафические: агрохимические и физические свойства почвы [3, 4, 6, 7].

Интенсивность размножения почвенных микроорганизмов при благоприятных условиях протекает ускоренно [2, 4, 6, 10].

При этом известно, что разложение целлюлозы осуществляется самыми разными в систематическом отношении микроорганизмами: микробактериями, актиномицетами, грибами, аэробными и анаэробными бактериями [4].

**Цель** – изучить биологическую активность почвы под цикорием корневым в условиях Предбайкалья.

Д.М. Дударевой, С.С. Ивановой и другими отмечается, что взаимосвязь биологической активности почвы с продуктивностью растений может быть прослежена лишь в благоприятные годы [3, 5-7, 9].

**Материал и методика.** Исследования проводились на опытном участке кафедры агроэкологии и химии ФГБОУ ВО ИрГАУ. Почва светло-серая лесная, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая с низким содержанием гумуса и естественного плодородия. В пахотном слое светло-серой лесной почвы 0-20 см происходят активные процессы нитрификации и аммонификации, а также отмечается высокое количество неспорообразующих форм бактерий и актиномицетов. Это обусловило учет биологической активности в экспериментальных исследованиях в слое почвы 0-20 см. В опыте использовалась зональная технология возделывания цикория обыкновенного. Биологическую активность почвы определяли методом аппликации – целлюлозоразрушающей способности почвы в посевах первого и второго годов жизни на неудобренном фоне [1]. Предшественник - чистый пар.

Для определения запасов продуктивной влаги в почве необходимо располагать данными по влажности и плотности почвы, а также влажности устойчивого завядания, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрогидрологические свойства светло-серой лесной почвы

Table 1 – Agrohydrological properties of light gray forest soil

Глубина, см	Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Максимальная гигроскопичность, %	Влажность завядания, %		Влагоемкость, %		Запасы влаги, мм			Общая скважность, %
				по формуле,	по вегетационному опыту	наименьшая	полная	непродуктивной	продуктивной		
									наименьшей	полной	
10	2.60	1.29	5.41	7.2	8.3	26.1	40.3	11.0	23	41	52
20	2.74	1.42	6.35	8.5	9.5	24.4	33.8	14.0	21	34	48
30	2.76	1.41	7.40	9.9	11.2	23.0	34.8	16.0	16	33	49
40	2.75	1.40	7.51	10.1	11.4	22.2	35.0	16.0	15	33	49

Плотность светло-серой лесной почвы в экспериментальном опыте, несмотря на предшественник - чистый пар, и ранневесеннее боронование в годы исследований отличалась. Наибольшая плотность почвы варьировала от 0.75 до 0.97 г/см<sup>3</sup>.

В таблице 2 представлены результаты влияния цикория корневого на формирование структуры почвы. Анализ качества сформировавшихся структурных агрегатов показал, что цикорий второго года жизни оказал положительное влияние на формирование водопрочных структурных агрегатов.

Таблица 2 – Влияние цикория второго года жизни на формирование структуры почвы

Table 2 – The influence of second-year chicory on the formation of soil structure

Слой почвы, см	Содержание фракций, %		Коэффициент структурности
	10-0.25 мм	3-0.25 мм	
0-20	69.73	50.88	2.29
20-40	77.73	64.29	3.46

С величиной урожая цикория расход воды значительно сокращается. Это зависит от его облиственности, т.к. наблюдается прямая корреляционная связь отношения биомассы к корнеплоду.

В первый год вегетации, а также после зимнего покоя интенсивно нарастает вегетативная масса, поэтому вода расходуется и испаряется активнее за счет транспирации [8].

Именно возрастные состояния онтогенеза определяют динамику химического состава растений, а морфобиологические особенности – уровень урожайности.

Выпадение осадков в период вегетации цикория второго года жизни и температурный режим оказали отрицательное влияние на биологическую активность почвы, поскольку способствовали консервации влаги на глубине более 20 см.

Таблица 3 – Разложение льняного полотна в посевах цикория

Table 3 – Decomposition of flax cloth in chicory crops

Год жизни цикория	Льняное полотно №1			Льняное полотно №2			Льняное полотно №3		
	Вес ткани при закладке опыта, г	Вес через 30 суток, г	Разложение ткани на 30 сутки, %	Вес ткани при закладке опыта, г	Вес через 60 суток, г	Разложение ткани на 60 сутки, %	Вес ткани при закладке опыта, г	Вес через 90 суток, г	Разложение ткани на 90 сутки, %
Первый	3.04	2.65	12.82	3.05	1.98	35.08	2.98	1.56	49.37
Второй	2.98	2.55	14.42	2.87	2.08	37.98	2.98	1.75	55.74

Из таблицы 3 видно, что наибольшая интенсивность жизнедеятельности микроорганизмов и степень разложения льняного полотна отмечены в фитоценозах цикория второго года жизни.

При минимальной сумме осадков за вегетационный период 192 мм отмечалась невысокая биологическая активность почвы.

В посевах цикория второго отмечено высокое количество спорообразующих микроорганизмов в состоянии спор и выявлено сокращение

численности плесневых грибов.

**Заключение.** Вегетационный период цикория первого года жизни отличался избыточным увлажнением, отмечено низкое разложение льняного полотна ввиду его “консервации”, поскольку на биологическую активность почвы влияет не только количество осадков, но и температурный режим, агротехника и сама возделываемая культура.

### Список литературы

1. Двойных В.В. Методы оценки биологической активности почвы / В.В. Двойных // *Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства* // Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием и Всеросс. школы молодых ученых // Курск: Курск: Курский ФГНЦ, 2019. - С. 290-294.
2. Двойных В.В. Целлюлозоразлагающая активность почвы как один из показателей её биологической активности / В.В. Двойных // *Рациональное землепользование: оптимизация земледелия и растениеводства* // Сб. докладов V Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения академика РАСХН А.П. Щербакова // Курск: Курский ФГНЦ, 2021. С. 84-86.
3. Дударева Д.М. Изменение биологической активности почв при абиотическом стрессе / Д. М. Дударева, А. К. Квиткина, И. А. Юсупов, И. В. Евдокимов // *Актуальная биотехнология*. - 2018. - № 3 (26). - С. 268.
4. Замятин С.А., Максимова Р.Б. Влияние культур севооборотов на биологическую активность почвы // *Зерновое хозяйство России*. - 2021. - № 4(76). - С. 39-44.
5. Иванова С.С. Биологическая активность почвы под цикорием корневым в зависимости от предшественников и удобрений // *НМЭЖ “Концепт”*. - 2016. - № 115. - С. 516-520.
6. Обция Е.Н. Целлюлозоразлагающая активность почвы в условиях склоновых земель ландшафтов как один из элементов её биологической активности / Е.Н. Обция, А.И. Хрипунов // *Сельскохозяйственный журнал*. - 2019. - № 2 (12). - С. 25-28.
7. Приловская М.В. Агроэкологическая оценка влияния абиотических факторов на биологическую активность почвы в агроценозах яровой пшеницы и бобовых культур / М. В. Приловская, Н. В. Матвеева // *Научные исследования и разработки к внедрению в АПК* // Матер // Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 90-летию Иркутского ГАУ // *Молодежный: ИрГАУ*, 2024. - С. 19-24.
8. Романова Е.С. Эколого-биологическое и практическое значение цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) в условиях Предбайкалья / Е.С. Романова, И.С. Шеметова, А.Н. Лысенко, И. И. Шеметов // *Вестник ИрГСХА*. - 2014. - № 64. - С. 17 - 22.
9. Сусарева, А.А. Влияние совместного применения минеральных удобрений и биопрепаратов на биологическую активность темно-серой лесной почвы / А. А. Сусарева, Г.Н. Фадькин // *Научное сопровождение в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства: современные проблемы и тенденции развития* // Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. (Рязань, 28 февраля 2024 года) // Рязань: Рязанский ГАТУ, 2024. – С. 177-182.
10. Чимитдоржиева, Г.Д. Биологическая активность каштановых почв бассейна озера Байкал при применении на них отходов различных производств / Г. Д. Чимитдоржиева, Р.А. Егорова, Ц. Д. Корсунова – Улан-Удэ: Бурятский НЦ СО РАН, 2001. – 158 с.

### References

1. Двойных В.В. *Metody` ocenki biologicheskoy aktivnosti pochvy` [Methods for assessing soil biological activity]*. Kursk, 2019, pp. 290-294.

2. Dvojny`x, V.V. Cellyulozorazlagayushhaya aktivnost` pochvy` kak odin iz pokazatelej eyo biologicheskoy aktivnosti [Cellulose-degrading activity of soil as one of the indicators of its biological activity]. Kursk, 2021, pp. 84-86.

3. Dudareva, D.M. et al. Izmenenie biologicheskoy aktivnosti pochv pri abioticheskom stresse [Changes in soil biological activity under abiotic stress]. Aktual`naya biotexnologiya, 2018, no. 3 (26), p. 268.

4. Zamyatin, S.A., Maksimova, R.B. Vliyanie kul`tur sevooborotov na biologicheskuyu aktivnost` pochvy` [The influence of crop rotations on the biological activity of the soil]. Zernovoe khozyajstvo Rossii, 2021, no. 4(76), pp. 39-44.

5. Ivanova, C.C. Biologicheskaya aktivnost` pochvy` pod cikoriem kornevy`m v zavisimosti ot predshestvennikov i udobrenij [Biological activity of soil under root chicory depending on predecessors and fertilizers]. Nauchno-metodicheskij e`lektronny`j zhurnal "Koncept", 2016, no. 115, pp. 516-520.

6. Obshhiya, E.N., Xripunov, A.I. Cellyulozorazlagayushhaya aktivnost` pochvy` v usloviyaxsklonovy`x zemel` landshaftov kak odin iz e`lementov eyo biologicheskoy aktivnosti [Общая Е.Н. Cellulose-decomposing activity of soil in conditions of sloping lands of landscapes as one of the elements of its biological activity]. Sel`skoxozyajstvenny`j zhurnal, 2019, no. 2 (12), pp. 25-28.

7. Prilovskaya, M.V., Matveeva, N.V. Agro`kologicheskaya ocenka vliyaniya abioticheskix faktorov na biologicheskuyu aktivnost` pochvy` v agrocenozax yarovoj pshenicy i bobovy`x kul`tur [Agroecological assessment of the influence of abiotic factors on the biological activity of the soil in agrocenoses of spring wheat and legumes]. Molodezhny`j: IrGAU, 2024. pp. 19-24.

8. Romanova, E.S. et al. E`kologo-biologicheskoe i prakticheskoe znachenie cikoriya oby`knoennogo (Cichorium intybus L.) v usloviyax Predbajkal`ya [Ecological, biological and practical significance of common chicory (Cichorium intybus L.) in the conditions of Pre-Baikal region]. Vestnik IrGSHA, 2014, no. 64, pp. 17-22.

9. Susareva, A.A., Fad`kin, G.N. Vliyanie sovместnogo primeneniya mineral`ny`x udobrenij i biopreparatov na biologicheskuyu aktivnost` temno-seroj lesnoj pochvy` [Effect of combined application of mineral fertilizers and biopreparations on biological activity of dark gray forest soil]. Ryazan`: Ryazanskij gosudarstvenny`j agrotexnologicheskij universitet, 2024, pp. 177-182.

10. Chimitdorzhieva, G.D. et al. Biologicheskaya aktivnost` kashtanovy`x pochv bassejna ozera Bajkal pri primenenii na nix otkodov razlichny`x proizvodstv [Biological activity of chestnut soils in the Lake Baikal basin when wastes from various industries are applied to them]. Ulan-Ude`: Buryatskij nauchny`j centr Sibirskogo otdeleniya RAN, 2001, 158 p.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### История статьи / Article history:

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Матвеева Наталья Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры агроэкологии и химии, агрономического факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область научных исследований – агроэкология, почвоведение, растениеводство. Автор и соавтор более 50 научных работ и публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: inna198410@mail.ru.

Шеметова Инна Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, плодоводства и ландшафтной архитектуры, агрономического факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область научных исследований – агроэкология, ландшафтная архитектура, цветоводство, растениеводство. Автор и соавтор более 50 научных работ и публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: inna198410@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1606-1022>.

### **Information about authors**

Natalia V. Matveeva – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Agroecology and Chemistry, Agronomy Faculty, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area – agroecology, soil science, crop production. Author and co-author of more than 50 scientific papers and publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: inna198410@mail.ru.

Inna S. Shemetova – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Botany, Horticulture and Landscape Architecture, Agronomy Faculty, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area – agroecology, landscape architecture, floriculture, crop production. Author and co-author of more than 50 scientific papers and publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Pos. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: inna198410@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1606-1022>.



**БИОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ**

**BIOLOGY. NATURE PROTECTION**

DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-79-89

УДК 636.52.088.3

Научная статья

**ВЛИЯНИЕ АДСОРБЕНТА И ВИТАМИНА Е НА ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ  
ОБМЕН МОЛОЧНОГО СКОТА ПРИ ДЕНИТРИФИКАЦИИ**

<sup>1</sup>М.Г. Кокаева, <sup>1</sup>З.К. Плиева, <sup>2</sup>А.А. Баева, <sup>3</sup>А.С. Джабоева, <sup>4</sup>Л.А. Бобылева

<sup>1</sup>Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, РСО – Алания, Россия

<sup>2</sup>Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

<sup>3</sup>Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, г. Нальчик, КБР, Россия

<sup>4</sup>Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, Владикавказ, РСО – Алания, Россия

**Аннотация.** Для успешной денитрификации, активизации кроветворных функций, повышения молочной продуктивности и качественных характеристик молока целесообразно в состав рационов молочного скота на основе местных кормовых культур включать препараты адсорбентов и природных антиоксидантов, в первую очередь витаминов Е и С, отличающиеся синергизмом действия на процессы промежуточного обмена. Цель исследования – изучить влияние адсорбента Экосил и витамина Е при введении их в состав рационов лактирующих коров с субтоксическим уровнем нитратов на кроветворную функцию и промежуточный обмен в их организме. На основании полученного экспериментального материала считаем целесообразным в рационы лактирующих коров с субтоксическим уровнем нитратов включать совместно адсорбент “Экосил” из расчета 4000 г/т комбикорма и витамин Е из расчета 500 МЕ/сутки для улучшения кроветворной функции и оптимизации промежуточного обмена за счет активизации процессов денитрификации в организме. Благодаря этому у лактирующих коров опытной 3 группы относительно аналогов контрольной группы в составе несвернувшейся крови содержалось статистически достоверно ( $P < 0.05$ ) больше эритроцитов на  $2.05 \times 10^{12}/л$  и количества в них гемоглобина – на 21.68 г/л, но при этом отмечалось одновременное понижение массовой доли метгемоглобина – в 3.27 раза ( $P < 0.05$ ). В образцах сыворотки крови молочного скота опытной 3 группы по сравнению с контрольными аналогами произошло достоверное ( $P < 0.05$ ) увеличение общего белка на 5.25 г/л, витамина А в 2.12 раза, витамина Е – в 1.45 и витамина С – в 1.96 раза при параллельном снижении массовой доли общих липидов – на 1.14 г/л ( $P < 0.05$ ) и холестерина – на 1.45 ммоль/л ( $P < 0.05$ ). В организме лактирующих коров опытной 3 группы в составе крови наблюдалось достоверное ( $P < 0.05$ ) снижение концентрации нитратов – в 2.43 раза и нитритов – в 3.12 раза.

**Ключевые слова:** коровы, нитраты и нитриты, адсорбент, антиоксидант, кровь, морфологические показатели, биохимический состав, денитрификация.

**Для цитирования:** Кокаева М.Г., Плиева З.К., Баева А.А., Джабоева А.С., Бобылева Л.А. Влияние адсорбента и витамина Е на промежуточный обмен молочного скота при денитрификации. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 79-89. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-79-89.

Research article

## EFFECT OF ADSORBENT AND VITAMIN E ON INTERMEDIATE METABOLISM OF DAIRY CATTLE DURING DENITRIFICATION

<sup>1</sup>Marina G. Kokaeva, <sup>1</sup>Zalina K. Plieva, <sup>2</sup>Anzhelika A. Baeva, <sup>3</sup>Amina S. Dzhaboeva, <sup>4</sup>Larisa A. Bobyleva

<sup>1</sup>North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University),  
Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia

<sup>2</sup>Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov,  
Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

<sup>3</sup>Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, KBR, Russia

<sup>4</sup>North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov, Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia

**Abstract.** For successful denitrification, activation of hematopoietic functions, increase in milk productivity and quality characteristics of milk, it is advisable to include adsorbent preparations and natural antioxidants in the composition of dairy cattle diets based on local forage crops, primarily vitamins E and C, which are distinguished by their synergistic effect on intermediate metabolism processes. The aim of the study is to examine the effect of the Ecosil adsorbent and vitamin E when introduced into the diets of lactating cows with a subtoxic level of nitrates on the hematopoietic function and intermediate metabolism in their bodies. Based on the experimental material obtained, we consider it advisable to include an adsorbent in the diets of lactating cows with a subtoxic level of nitrates. Ecosil at the rate of 4000 g/t of compound feed and vitamin E at the rate of 500 IU/day to improve hematopoietic function and optimize intermediate metabolism by activating denitrification processes in the body. Due to this, in lactating cows of the experimental 3rd group, compared to their counterparts in the control group, the uncoagulated blood contained statistically significantly ( $P<0.05$ ) more erythrocytes by  $2.05 \times 10^{12}/l$  and the amount of hemoglobin in them by 21.68 g/l, but at the same time, a simultaneous decrease in the mass fraction of methemoglobin was noted - by 3.27 times ( $P<0.05$ ). In the blood serum samples of dairy cattle from the 3rd experimental group, compared to the control analogues, there was a reliable ( $P<0.05$ ) increase in total protein by 5.25 g/l, vitamin A by 2.12 times, vitamin E by 1.45 times, and vitamin C by 1.96 times, with a parallel decrease in the mass fraction of total lipids by 1.14 g/l ( $P<0.05$ ) and cholesterol by 1.45 mmol/l ( $P<0.05$ ). In the body of lactating cows of the 3rd experimental group, a reliable ( $P<0.05$ ) decrease in the concentration of nitrates was observed in the blood – by 2.43 times and nitrites – by 3.12 times.

**Keywords:** cows, nitrates and nitrites, adsorbent, antioxidant, blood, morphological parameters, biochemical composition, denitrification.

**For citation:** Kokaeva M.G., Plieva Z.K., Baeva A.A., Dzhaboeva A.S., Bobyleva L.A. Effect of adsorbent and vitamin E on intermediate metabolism of dairy cattle during denitrification. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 79-89. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-79-89.

**Введение.** Для реализации продуктивного потенциала кормовых зерновых культур, которые возделывают сельскохозяйственные производители регионов Юга России, в т.ч. и в РСО – Алания, при использовании интенсивных технологий в больших количествах, часто бесконтрольно, в больших дозах вносят минеральные азотные удобрения. Причем, зачастую это становится причиной избыточного накопления нитрат- и нитрит-ионов в составе почвы и зерна злаковых и бобовых кормовых культур [5, 8, 11, 13].

Поступление в избыточных количествах нитратов и нитритов в составе рационов приводит к нарушениям процессов пищеварительного и межклеточного обмена в организме молочного скота из-за ускорения образования нитрозаминов. Последние способствуют превращению значительной части гемоглобина эритроцитов крови в метгемоглобин, следствием чего становится проявление тканевой асфиксии. При этом нарушается переваримость и усвояемость питательных веществ организмом лактирующих коров, в том числе витаминов А, Д и Е. Это приводит к нарушениям промежуточного обмена, снижению молочной продуктивности и экологической безопасности молока [1, 9, 10, 12].

Для успешной денитрификации, активизации кроветворных функций, повышения молочной продуктивности и качественных характеристик молока целесообразно в состав рационов молочного скота на основе местных кормовых культур включать препараты адсорбентов и природных антиоксидантов, в первую очередь витаминов Е и С, отличающиеся синергизмом действия на процессы промежуточного обмена [4, 3, 7].

**Цель** – изучить влияние адсорбента “Экосил” и витамина Е при введении их в состав рационов лактирующих коров с субтоксическим уровнем нитратов на кроветворную функцию и промежуточный обмен в их организме.

**Материал и методы.** Для достижения указанной цели на базе молочной фермы СПК “Весна” (РСО – Алания) был поставлен научно-хозяйственный эксперимент. В качестве объектов исследований в ходе этого опыта выступили лактирующие коровы швицкой породы. При этом из 40 отобранных дойных коров в сухостойный период после 2 лактации методом пар-аналогов (с учетом возраста, происхождения, молочной продуктивности за предыдущую лактацию, живой массы и даты последнего осеменения) нами были сформированы четыре группы, в состав которых включали по 10 голов в каждую.

Кормление подопытных коров осуществляли в соответствии со схемой, представленной в таблице 1.

При составлении рационов кормления для коров сравниваемых групп применялись корма местного производства, которые были благополучными по концентрации нитратов и нитритов. Поэтому для чистоты эксперимента при оценке денитрифицирующих свойств апробируемого адсорбента и витамина Е (с учетом присутствия нитратов в местных кормах) в состав основного рациона (ОР) животных всех групп вводили нитрат натрия.

Таблица 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта, n=10

Table 1 – Scheme of conducting scientific and economic experiment, n=10

Группа	Особенности кормления
Контрольная	Основной рацион (ОР) с субтоксической дозой нитратов
1 опытная	ОР + адсорбент Экосил из расчета 4000 г/т комбикорма
2 опытная	ОР + антиоксидант витамин Е из расчета 500 МЕ/сут.
3 опытная	ОР + Экосил из расчета 4000 г/т комбикорма + антиоксидант витамин Е из расчета 500 МЕ/сут.

При этом исходили из расчета, чтобы содержание этих ксенобиотиков в составе ОР не превышало субтоксического количества – не более 0.03 г/кг живой массы коров [4].

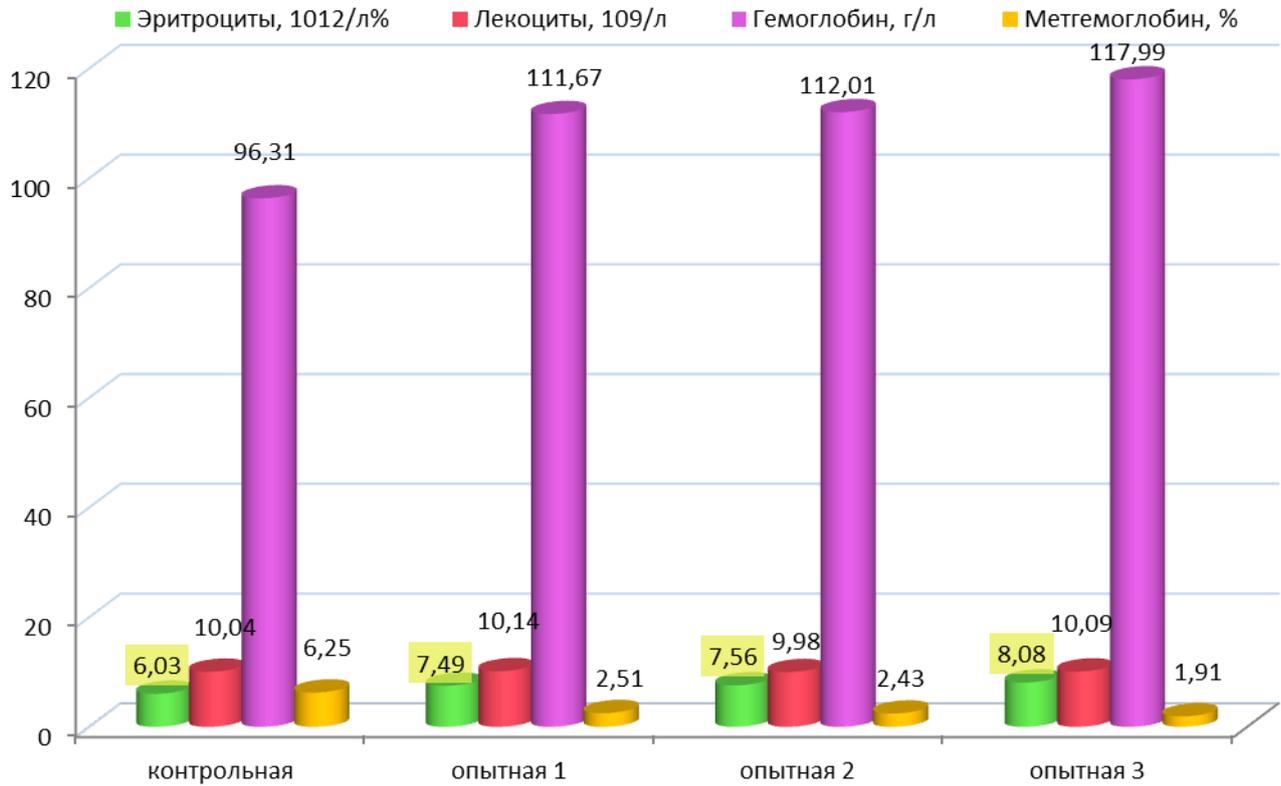
Для изучения воздействия апробируемых препаратов на промежуточный обмен у подопытных коров раз в два месяца из яремной вены брали образцы крови у 3 голов из каждой группы для проведения анализов. В этих образцах крови по общепринятым методикам [2] определили морфологический и биохимический состав.

Экспериментальный материал обработан на ПК с расчетом критерия Стьюдента с использованием пакета ПО “Microsoft Excel”.

**Результаты и их обсуждение.** Нитрат- и нитрит-ионы являются в крови ксенобиотиками, вызывающими быстрое расширение кровеносных периферических сосудов, сопровождаемое понижением давления жидкой внутренней среды. Наряду с этим, токсины вступают в прочные связи с гемоглобином эритроцитов, с последующим превращением его значительной части в метгемоглобин. Это приводит к гипоксии – нарушению дыхательной функции крови и процессов кроветворения в организме лактирующих коров. С учетом сказанного, изучили влияние апробируемых препаратов на морфологические показатели крови подопытных коров (рисунок 1).

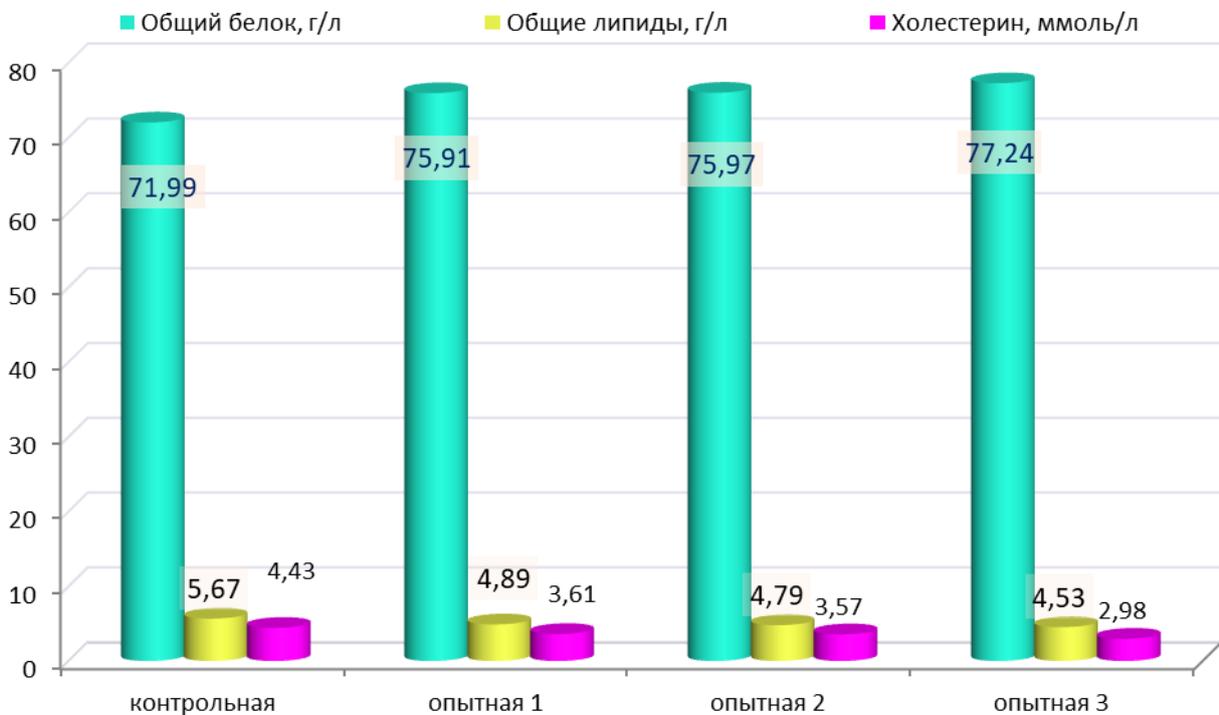
Установлено, что совместное включение апробируемых кормовых добавок оказало стимулирующее влияние на процессы кроветворной функции в организме лактирующих коров опытной 3 группы. Благодаря этому у них относительно аналогов контрольной группы в составе несвернувшейся крови содержалось статистически достоверно ( $P < 0.05$ ) больше эритроцитов на  $2.05 \times 10^{12}/л$  и количества в них гемоглобина – на 21.68 г/л, но при этом отмечалось одновременное понижение массовой доли метгемоглобина – в 3.27 раза ( $P < 0.05$ ). Это показывает благоприятное денитрифицирующее воздействие адсорбента и витамина Е на организм коров, в частности на его кроветворные функции.

Изучено влияние апробируемых препаратов на содержание в крови животных сравниваемых групп общего белка, общих липидов и холестерина (рис. 2).



**Рисунок 1 – Морфологические показатели крови подопытных коров**

**Figure 1 – Morphological indices of blood of experimental cows**



**Рисунок 2 – Содержание общего белка, общих липидов и холестерина в крови**

**Figure 2 – Total protein, total lipids and cholesterol levels in the blood**

Как показали результаты исследований, при наличии субтоксического уровня нитратов совместное скармливание адсорбента “Экосил” и антиоксиданта витамина Е способствовало улучшению белкового и липидного обмена. Так, в образцах сыворотки крови молочного скота опытной 3 группы по сравнению с контрольными аналогами произошло достоверное ( $P<0.05$ ) увеличение массовой доли общего белка на 5.25 г/л при параллельном снижении массовой доли общих липидов – на 1.14 г/л ( $P<0.05$ ) и холестерина – на 1.45 ммоль/л ( $P<0.05$ ).

В ходе эксперимента было изучено влияние адсорбента и антиоксиданта на концентрацию в крови подопытных животных витаминов А, Е и С (рис. 3), обладающих антиоксидантными свойствами.

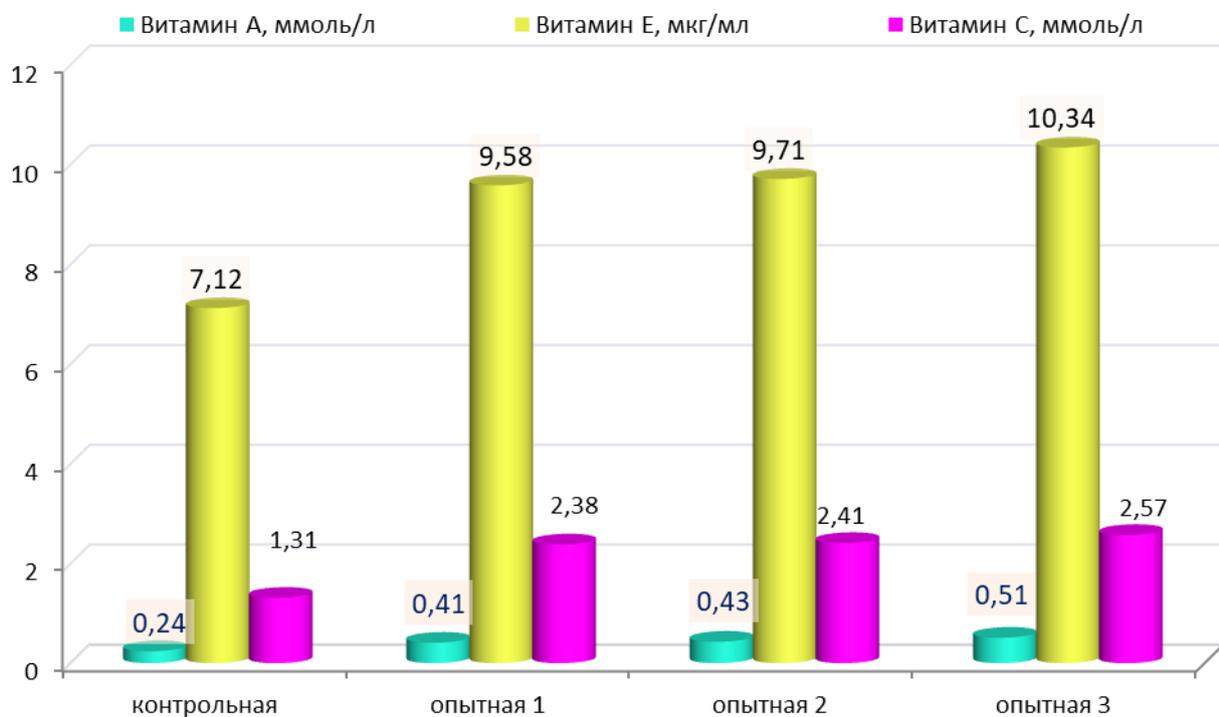


Рисунок 3 – Содержание витаминов А, Е и С в крови подопытных коров

Figure 3 – Content of vitamins A, E and C in the blood of experimental cows

Усиление процессов денитрификации в организме молочного скота под влиянием совместного скармливания адсорбента и антиоксиданта в составе рационов с субтоксическим уровнем нитратов содействовало синтезу в организме витаминов с антиоксидантными свойствами. Так, благодаря этому в образцах крови животных опытной 3 группы по сравнению с контрольными аналогами произошло достоверное ( $P<0.05$ ) увеличение концентрации витамина А в 2.12 раза, витамина Е – в 1.45 и витамина С – в 1.96 раза.

В конечном итоге об эффективности денитрифицирующего воздействия апробируемых препаратов в составе рационов молочного скота судят по

содержанию нитратов и нитритов в образцах их жидкой внутренней среды (рис. 4).

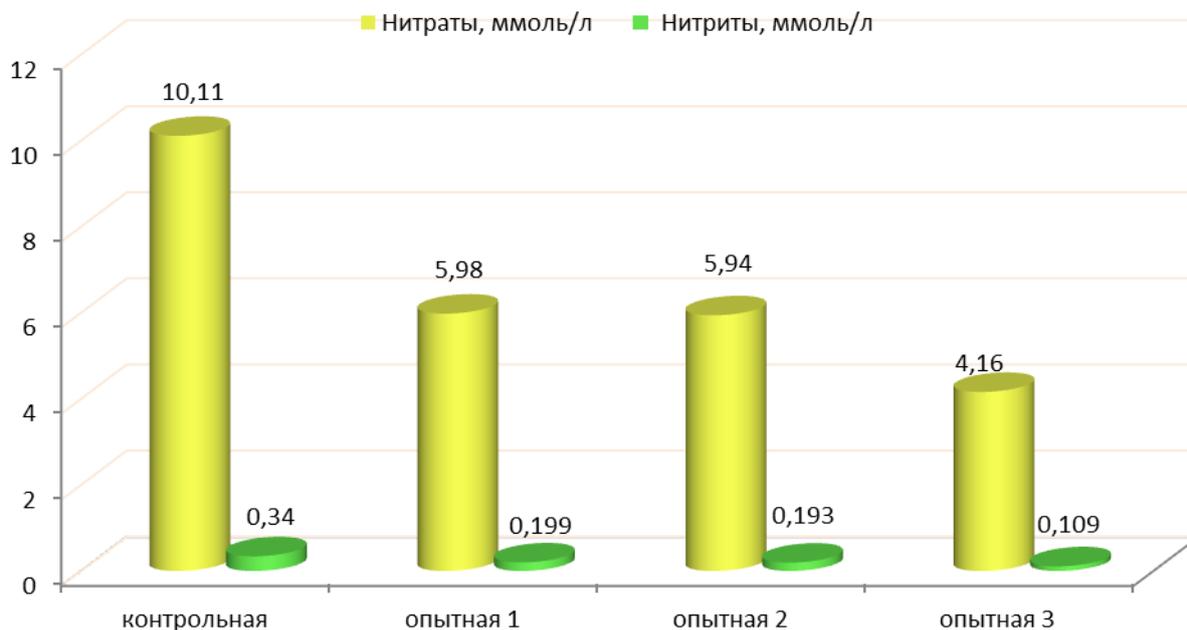


Рисунок 4 – Содержание нитратов и нитритов в образцах крови подопытных коров

Figure 4 – Nitrate and nitrite content in blood samples of experimental cows

При введении препаратов “Экосил” и витамина Е в рационы с субтоксической дозой наблюдался лучший уровень денитрификации в организме лактирующих коров опытной 3 группы, у которых относительно контрольных аналогов в составе крови наблюдалось достоверное ( $P < 0.05$ ) понижение концентрации нитратов – в 2.43 раза и нитритов – в 3.12 раза.

**Закключение.** На основании полученного экспериментального материала считаем целесообразным в рационы лактирующих коров с субтоксическим уровнем нитратов включать совместно адсорбент “Экосил” из расчета 4000 г/т комбикорма и витамин Е из расчета 500 МЕ/сутки для улучшения кроветворной функции и оптимизации промежуточного обмена за счет активизации процессов денитрификации в организме.

#### Список литературы

1. Баева, З.Т. Способ повышения эколого-потребительских свойств осетинского сыра, используемого в профилактическом питании / З.Т. Баева, Л.В. Цалиева, А.Ш. Тибилова // Наука, техника и образование. – 2015. – №4 (10). – С. 64-68.
2. Волгин, В.И. Изучение состава крови, молока и кормов / В.И. Волгин, Л.С. Жебровский – Л.: Наука, 1974. – 173 с.
3. Гурциева, Д.О. Оптимизация промежуточного обмена коров при денитрификации / Д.О. Гурциева, М.Г. Кокаева // Матер. междунар. науч.-практ.конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: “Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности”// Персиановский: Изд-во Горского ГАУ, 2016. – С. 380-381.

4. Ковалева, Ю.И. Повышение биологической ценности и экологической безопасности мяса бройлеров / Ю.И. Ковалева, Р.З. Абдулхаликов, М.Н. Мамукаев, Р.Б. Темираев, И.И. Кцоева, Ф.Н. Цогоева // Мясная индустрия. – 2021. – № 11. – С. 50-52.

5. Кононенко, С.И. Изучение продуктивности лактирующих коров при использовании антиоксидантов в рационах / С.И. Кононенко, Р.Б. Темираев, А.А. Газдаров // Сб. докладов Всеросс. юбилейной науч.-практ. конф. “Устойчивое развитие АПК в современных условиях Юга России”// Майкоп: Изд-во Горского ГАУ, 2011. – С. 196-200.

6. Кононенко С.И. Влияние комплексонов на хозяйственно-биологические показатели коров / С.И. Кононенко, Р.Б. Темираев, А.А. Газдаров // Сб. науч. трудов междунар. науч.-практ. конф. “Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных”// Краснодар: Изд-во Краснодар.ГАУ, 2010. – С. 107-109.

7. Темираев Р.Б. Способ повышения пищевых свойств молока и продуктов его переработки / Р.Б. Темираев, М.Г. Кокаева, И.А. Аришина, Р.В. Осикина // Устойчивое развитие горных территорий. – 2011. – № 4 (10). – С. 75-78.

8. Темираев, Р.Б. Способ повышения потребительских качеств осетинского сыра / Р.Б. Темираев, Л.А. Витюк, М.Г. Кокаева, Н.С. Джбилова, А.М. Кануков // Изв. Горского ГАУ. – 2012. – Т. 49. – № 3. – С. 169-173.

9. Темираев, Р.Б. Технологические свойства молока коров при использовании хелатного соединения в их рационах / Р.Б. Темираев, З.Т. Баева, Н.Г. Тер-Терьян, А.А. Газдаров, Л.Р. Теблоева // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 5. – С. 56.

10. Темираев, Р.Б. Повышение качества мяса кур-бройлеров / Р.Б. Темираев, А.А. Баева, М.Г. Кокаева // Мясная индустрия. – 2009. – № 6. – С. 25-27.

11. Ярмоц, А.В. Способ повышения эколого-пищевых качеств молока и молочных продуктов / А.В. Ярмоц, Р.Б. Темираев, Л.А. Витюк, М.Г. Кокаева, З.К. Плиева // Новые технологии. – 2013. – № 3. – С. 128-134

12. Sukhanova, S.F. et al. Exchange processes in the organism of goslings of different ages feeding with selenium-containing fodder supplement // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" – 2021. – P. 20-25.

13. Tsalieva, L.V. et al. Ecological and consumer properties of pig meat from different breeds produced in technogenic zone // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – V. 9. – № 12. – P. 2397-2400.

## References

1. Baeva, Z.T. et al. Sposob povysheniya jekologo-potrebitel'skih svojstv osetinskogo syra, ispol'zuemogo v profilakticheskom pitanii [Method of increasing ecological and consumer properties of Ossetian cheese used in preventive nutrition]. Science, technology and education, 2015, no.4 (10), pp. 64-68.

2. Volgin, V.I., Zhebrovsky, L.S. Izuchenie sostava krovi, moloka i kormov [Study of the composition of blood, milk and feed]. Leningrad: Science, 1974, 173 p.

3. Gurtsieva, D.O., Kokaeva, M.G. Optimizacija promezhutochnogo obmena korov pri denitrifikacii [Optimization of intermediate metabolism of cows during denitrification]. Persianovsky, 2016, pp. 380-381.

4. Kovaleva, Yu.I. et al. Povyshenie biologicheskoy cennosti i jekologicheskoy bezopasnosti mjasa brojlerov [Increasing the biological value and environmental safety of broiler meat]. Meat industry, 2021, no. 11, pp. 50-52.

5. Kononenko, S.I. et al. Izuchenie produktivnosti laktirujushhikh korov pri ispol'zovanii antioksidantov v racionah [Study of the productivity of lactating cows using antioxidants in diets]. Maykop, 2011, pp. 196-200.

6. Kononenko, S.I. et al. Vliyanie kompleksonатов na hozjajstvenno-biologicheskie pokazateli korov [The influence of complexonates on the economic and biological indicators of cows]. Krasnodar, 2010, pp. 107-109.
7. Temiraev, R.B. et al. Sposob povysheniya pishhevyyh svoystv moloka i produktov ego pererabotki [A method for increasing the nutritional properties of milk and its processed products]. Sustainable development of mountain territories, 2011, no.4 (10), pp. 75-78.
8. Temiraev, R.B. et al. Sposob povysheniya potrebitel'skih kachestv osetinskogo syra [Method for increasing consumer qualities of the ossetian cheese]. Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2012, vol. 49, no. 3, pp. 169-173.
9. Temiraev, R.B. et al. Technological properties of cows' milk when using a chelate compound in their diets [Technological properties of cows' milk when using a chelate compound in their dietx]. Cheese and butter making, 2009, no. 5, p. 56.
10. Temiraev, R.B. et al. Povyshenie kachestva mjasa kur-brojlerov [Improving the quality of broiler chicken meat]. Meat industry, 2009, no. 6, pp. 25-27.
11. Yarmots, A.V. et al. Sposob povysheniya jekologo-pishhevyyh kachestv moloka i molochnyh produktov [Method for improving the ecological and nutritional qualities of milk and dairy products]. New technologies, 2013, no. 3, pp. 128-134.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования приняли непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данной публикации. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложенные в статье материал.**

**Author Contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Баева Анжелика Ахсарбековна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии. Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова. Область исследований - сельскохозяйственные науки, биологические науки, науки о земле. Автор 326 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова. 362040, Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, e-mail: angelika\_baeva69@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7628-0884.

Бобылева Лариса Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры педагогики. Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова. Область исследований - сельскохозяйственные науки, биологические науки, науки о земле. Автор 126 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова. Факультет педагогики. 362021, Россия, PCO – Алания, г. Владикавказ, улица Ватутина, 46, e-mail: bobial@yandex.ru, [https:// ORCID.org/0000-0001-8150-016X](https://ORCID.org/0000-0001-8150-016X).

Джабоева Амина Сергеевна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов общественного питания и химия продукции и организации. Кабардино-

Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова. Область исследований - сельскохозяйственные науки, биологические науки, науки о земле. Автор 126 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова. 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в, e-mail: e-mail: tpop\_kbr@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7628-0884.

Кокаева Марина Гурамовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания. Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Область исследований - экологические и физиологические аспекты повышения продуктивности и качества продукции сельскохозяйственных животных и птицы. Автор 72 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). 362025, Россия, РСО – Алания, г. Владикавказ, улица Николаева, 44, e-mail: k-marina85@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4882-1012>.

Плиева Залина Казбековна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания. Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Область исследований - экологические и физиологические аспекты повышения продуктивности и качества продукции сельскохозяйственных животных и птицы. Автор 27 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). 362025, Россия, РСО – Алания, г. Владикавказ, улица Николаева, 44, e-mail: zalina\_plieva78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9641-0141>.

### Information about authors

Anzhelika A. Baeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science. Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov. Research area - agricultural sciences, biological sciences, earth sciences. Author of 326 articles.

**Contact information:** FSBEI HE Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, 362040, e-mail: angelika\_baeva69@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7628-0884.

Larisa A. Bobyleva – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Pedagogy. North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov. Research area - agricultural sciences, biological sciences, earth sciences. Author of 126 articles.

**Contact information:** FSBEI HE “North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov”. Faculty of Pedagogy. 46 Vatutin str., Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia, 362021, e-mail: bobial@yandex.ru, <https://ORCID.org/0000-0001-8150-016X>.

Amina S. Dzhaboeva – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology and Chemistry of products and Organizations. Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. Research area - agricultural sciences, biological sciences, earth sciences. Author of 126 articles.

**Contact information:** FSBEI HE Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. 1в Lenin avenue, Nalchik, KBR, Russia, 360030, e-mail: tpop\_kbr@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7628-0884.

Marina G. Kokaeva – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Food Technology. North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Research area - ecological and physiological aspects of increasing productivity and quality of farm animals and poultry products. Author of 72 articles.

**Contact information:** FSBEI HE North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). 44 Nikolaev str., Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia 362025; e-mail: k-marina85@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4882-1012>

Zalina K. Plieva – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Food Technology. North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Research area - ecological and physiological aspects of increasing productivity and quality of farm animals and poultry products. Author of 27 статей.

**Contact information:** FSBEI HE North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). 44 Nikolaev str., Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia 362025, e-mail: zalina\_plieva78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9641-0141>.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-90-106

УДК 58.006:504.03:58.02:581.6:581.524.441

Научная статья

## ПЕРСПЕКТИВА ЭКОГОРОДОВ В БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ: ГАРМОНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ

<sup>1</sup> В.Я. Кузеванов, <sup>2</sup> Е.Н. Кузеванова

<sup>1</sup> Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН “Байкальский музей СО РАН”, Иркутская область, Иркутский район,  
п. Листвянка, Россия

**Аннотация.** В свете растущих экологических угроз и вызовов, связанных с изменением климата и ухудшением качества окружающей среды, концепция экогородов становится все более актуальной. Настоящая статья посвящена перспективам развития экогородов в Байкальской Сибири, выделяя их значимость как катализаторов устойчивого социально-экономического развития и стратегий для практических действий, направленных на гармонизацию интересов человека и природы. Экогород как идея представляет собой синтез инновационных градостроительных решений и принципов устойчивого развития, отвечает требованиям современности, формируя новое понимание взаимоотношений человека и окружающей среды. В статье анализируется развитие идеи экогородов, начиная с конца XX века, когда она стала возрождением концепции “города-сада”. Подробно рассматриваются примеры экогородов и экопоселений, созданных в разных странах, что позволяет выявить их практические достижения и уроки, применимые к контексту Байкальской Сибири. Одной из ключевых задач, стоящих перед экогородами, является общественное просвещение населения, особенно молодежи, что способствует формированию экологической культуры, экологического мировоззрения, активному вовлечению граждан в процессы устойчивого развития. В условиях увеличения конкуренции за природные ресурсы и необходимость перехода к шестому технологическому укладу, экогорода представляют собой неотъемлемую часть градостроительной политики, обеспечивая рациональное природопользование и внедрение экологически продуманных решений. Анализируя современные тренды, статья подчеркивает важность интеграции экологических, социальных и экономических аспектов в процесс создания экогородов, что в свою очередь должно повысить не только качество жизни местных жителей, но и укрепить отношения человека и природы в уникальном природном контексте региона озера Байкал. Таким образом, экогорода становятся не только ответом на современные вызовы, но и стратегическим инструментом для соответствия принципам устойчивого развития городов Байкальской Сибири в XXI веке.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, Байкальская Сибирь, экогорода, зеленые города, природоохранные технологии, экологическое сознание, социальная ответственность.

**Для цитирования:** Кузеванов В.Я., Кузеванова Е.Н. Перспектива экогородов в Байкальской Сибири: гармония человека и природы. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 90-106. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-90-106.

## PROSPECTS OF ECOCITIES IN BAIKAL SIBERIA: HARMONY OF MAN AND NATURE

<sup>1</sup>Victor Ya. Kuzevanov, <sup>2</sup>Elena N. Kuzevanova

<sup>1</sup>Baikal State University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Baikal Museum of SB RAS, Listvyanka, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

**Abstract** In light of the growing environmental threats and challenges associated with climate change and the deterioration of the natural environment, the concept of ecocities is becoming increasingly relevant. This article is dedicated to the prospects of creating ecocities in Baikal Siberia, highlighting their significance as catalysts for sustainable socio-economic development and strategies for practical actions aimed at harmonizing the interests of humans and nature. An ecocity as an idea represents a synthesis of innovative urban planning solutions and principles of sustainable development, meeting contemporary demands and forming a new understanding of the relationship between humans and the environment. The article analyzes the development of the ecocity concept, beginning in the late 20th century when it experienced a revival of the “garden city” concept. Detailed examples of ecocities and eco-villages established in various countries are discussed, allowing for the identification of their practical achievements and lessons applicable to the context of Baikal Siberia. One of the key tasks facing ecocities is public education, particularly among the youth, which fosters the development of ecological culture, environmental consciousness, and active citizen engagement in sustainable development processes. In the context of increasing competition for natural resources and the necessity to transition to the sixth technological paradigm, ecocities represent an integral part of urban planning policy, ensuring rational natural resource management and the implementation of environmentally considerate solutions. By analyzing current trends, the article emphasizes the importance of integrating environmental, social, and economic aspects into the process of creating ecocities, which in turn should improve the quality of life for local residents and strengthen the relationship between humans and nature in the unique natural context of the Baikal region. Thus, ecocities are not only a response to contemporary challenges but also a strategic tool for aligning with the principles of sustainable development in Baikal Siberia in the 21st century.

**Keywords:** sustainable development, Baikal Siberia, eco-cities, green cities, environmental technologies, environmental consciousness, social responsibility.

**For citation:** Kuzevanov V.Ya., Kuzevanov E.N. Prospects of ecocities in Baikal Siberia: harmony of man and nature. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 90-106. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-90-106.

**Введение.** Города – ключевой элемент развития цивилизации и центры взаимодействия человека с окружением, олицетворяющие прогресс и рост, являясь уникальным творением человека (как “вторая природа” по Канту) [15]. Решения о развитии экологически и социально-экономически сбалансированных городов обычно отражают социально-экономические тренды и мечту создания таких идеальных поселений, как “Город Солнца” и “Город-сад” [12]. В середине XX века появилась концепция “экогорода”, возникшая из различных культурных и экологических движений,

подчеркивающих необходимость экологических ограничений. С 1970-х годов эта идея получила развитие благодаря архитектору Ричарду Реджистеру, общественным организациям Urban Ecology, а также Ecocity Builders, и стала активно поддерживаться обществом и государством в разных странах. Концепция экогорода основывается на возможности преобразования существующих городов в экогорода через изменения в планировании, архитектуре и действиях местных жителей. Согласно концепции Р. Реджистера об экологических городах [25, 26], развитие городских поселений как экогородов изначально задумывалось как мелкомасштабные преобразования городской среды, ориентированные на экологию и социальную справедливость. Основная мотивация таких проектов – экологические проблемы, которые мобилизуют людей для достижения масштабных целей. Современное создание экогородов также демонстрирует приверженность принципам “Повестки для 21 века” и ЦУР-2030 [9,19, 20], нацеленных на снижение современных угроз и вызовов, обозначенных в семнадцати Целях Устойчивого Развития ООН до 2030 года.

Развитие экогородов характеризуют интегрированные подходы, системные перспективы и долгосрочные горизонты. В настоящее время идейными крышами для сохранения и поддержания “экогородов” остаются во многом документы ООН:

1) Доклад Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (Report of the World Commission on Environment and Development, известный как Доклад Брундтланд), в котором было впервые введено понятие “устойчивого развития” в традиционный лексикон политиков, ученых, экологов и градостроителей [21].

2) “Повестка дня на XXI век” [20] на Саммите Земли (Agenda 21 at the United Nations Earth Summit in Rio de Janeiro) Организации Объединенных Наций в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

3) ЦУР-2030 [5] и Международные стандарты экогородов [15, 24, 26], которые призваны смягчить или нейтрализовать многочисленные существующие и будущие угрозы, риски и вызовы.

Актуальность экогородов в контексте устойчивого развития и сохранения природы, особенно в уникальном регионе озера Байкал, приобретает все большее значение. В условиях современного общества, когда экологические проблемы и вызовы становятся все более острыми, концепция экогорода выступает как неизбежное необходимое решение, предлагающее гармоничное взаимодействие между человеком и окружающей средой. Экогорода представляют собой не просто прагматичный ответ на вызовы 21 века, но и стратегию для рационального природопользования, обеспечивая устойчивое социально-экономическое развитие и формируя новые подходы обычного градостроительства [13]. В Байкальской Сибири, где сосредоточены уникальные экосистемы, интеграция стратегий экогородов становится особенно важной для общественного просвещения, с акцентом на молодежь, которая

играет ключевую роль в формировании культуры устойчивого развития. Существует необходимость в создании образовательных программ и инициатив, направленных на осознание ценности природы, что способствует формированию ответственного и осознанного отношения к окружающей среде. Переход к экогородам требует активного участия всех секторов общества — от градостроителей до государственных структур — для создания эффективных моделей устойчивого развития. Важно осознать, что будущее нашей планеты и гармония с природой возможно лишь при синергии усилий всех заинтересованных сторон. Исследование различных моделей экогородов, успешно реализованных в других регионах, может послужить мощным катализатором для вдохновения и внедрения инновационных идей в Байкальской Сибири, способствуя устойчивому развитию и сохранению природного богатства этого уникального региона.

**Цель** – проанализировать перспективы “идеи экогорода” для реализации в Байкальской Сибири как стратегического инструмента для гармонизации отношений между человеком и природой в условиях современных экологических вызовов, подчеркивая их значимость для устойчивого социально-экономического развития региона и страны.

**Материалы и методы.** Основным объектом данного исследования является разнообразие примеров создающихся экогородов в мире. Основное внимание было уделено особенностям истории формирования новых и модернизации существующих урбанизированных поселений как экогородов. Методы и аналитические инструменты для обобщающих исследований основываются на опыте посещения множества городов России и более 30 стран на пяти континентах в период с 1989 по 2022 гг. Основное внимание уделялось исследованию экологических проблем в разных регионах, включая работу в университетах, ботанических садах, научных институтах и экологических НКО. Использовались материалы ООН и ЮНЕСКО, а также ежегодные отчеты стран о социально-экономическом развитии и сохранении биоразнообразия. Полезным ресурсом стало также участие в научно-практических сессиях Международного Байкальского Зимнего градостроительного университета в 2022-2023 годах, где оценивались потенциальные экогорода Байкальск и Усолье-Сибирское [16-19]. Графическое отображение данных проводили с помощью программы MS Excel.

В работе использовали следующее модернизированное терминологическое определение: “Экогород (= экологичный город, эко-сити, устойчивый город, зеленый город, умный город, ecocity, sustainable city, smart city, green city) – это экологически здоровый город, спроектированный как рукотворная экосистема с учётом влияния на окружающую среду, населённый людьми, стремящимися минимизировать потребление энергии, воды и продуктов питания, исключить нерациональное расходование тепла, загрязнение воздуха углекислым газом и метаном, а также загрязнение воды и почвы бытовыми и промышленными отходами” [25].

**Результаты и их обсуждение.** Страны различаются по уровням развития, экологической и социально-экономической устойчивости, особенно их городами, которые становятся ключевыми центрами, определяющими конкурентоспособность в условиях быстро меняющегося мира [27]. Наблюдается тенденция миграции населения из деревень в города, а также из бедных стран в более развитые. В Азии мощными лидерами в создании новых экогородов и в модернизации крупных городских районов стали, в основном, теплые страны: Китай, Индия, Япония, Южная Корея, Индонезия и Сингапур (рис. 1).

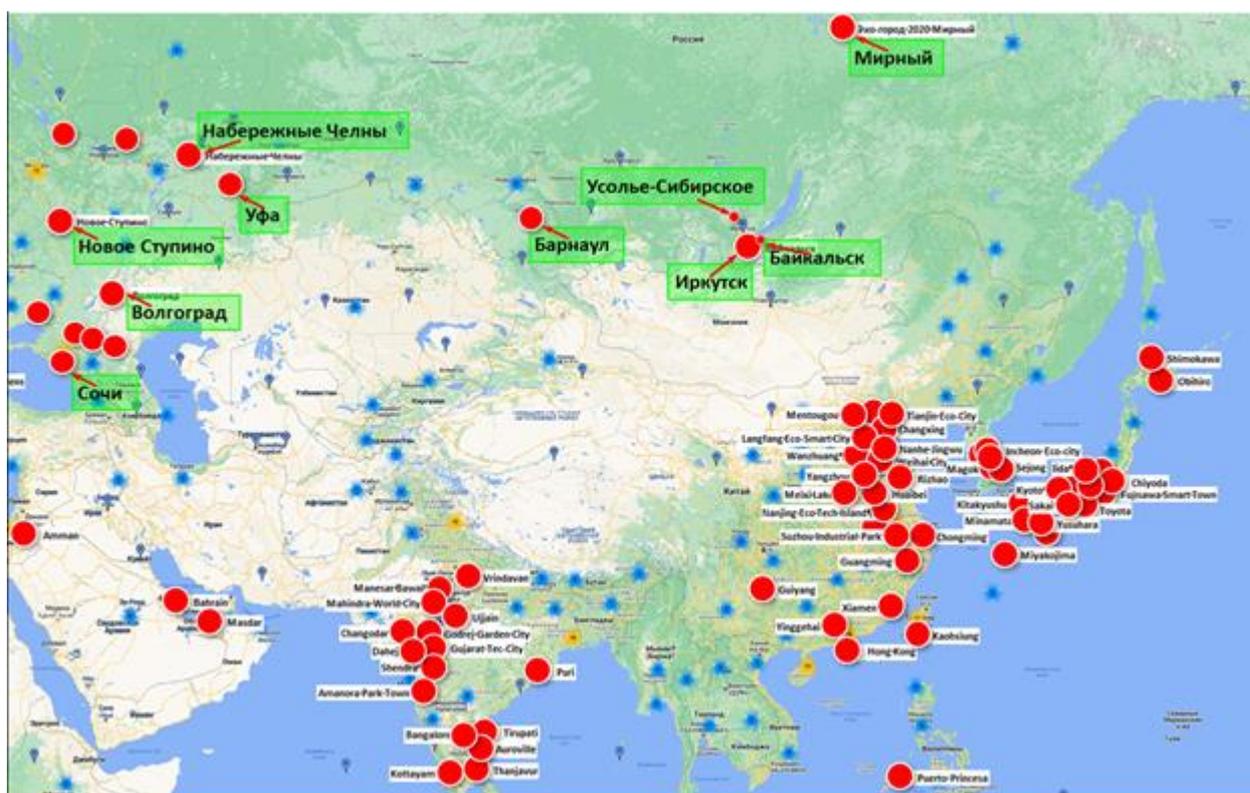


Рисунок 1 – Позиционирование объявленных экогородов Байкальской Сибири (Байкальск, Усьолье-Сибирское, Иркутск) в окружении создающихся экогородов на карте Юго-Восточной Евразии. Данные авторов

Figure 1 – Positioning of the declared eco-cities of Baikal Siberia (Baikalsk, Usolye-Sibirskoye, Irkutsk) surrounded by the ecocities under construction on the map of South-Eastern Eurasia. Authors' data

В Южной Америке – это тоже теплые страны: Бразилия, Колумбия, Аргентина и Чили. Лидерами экологических модернизаций городов в условиях умеренного климата Европы являются, преимущественно, северные страны, такие как Норвегия, Финляндия, Швеция, Исландия, Дания, Германия, Ирландия, и Швейцария, где идеи “экогорода” разрабатываются наиболее активно. При этом такие холодные страны, как США и Канада не демонстрируют явного создания новых экогородов, хотя делаются попытки

экомодернизации отдельных районов и кампусов в качестве экопоселений. В России тоже начинает запускаться движение по созданию экогородов, в основном, через модернизацию старых и новых районов в рамках муниципальных стратегий [10, 13]. К городам, заявившим о внедрении идей экомодернизации в свои долгосрочные стратегии, относятся Байкальск, Барнаул, Владикавказ, Волгоград, Грозный, Иркутск, Доброград, Звенигород, Йошкар-Ола, Кисловодск, Кострома, Мирный, Мурманск, Набережные Челны, Новое Ступино, Петрозаводск, Псков, Саранск, Севастополь, Сочи, Таганрог, Тамбов, Усолье-Сибирское, Уфа и некоторые другие, где накапливаются и апробируются современные научные идеи и многофункциональные образовательные программы для реализации передовых научных проектов и экотехнологий с привлечением ведущих специалистов, создающих экограды будущего.

При этом динамика увеличения числа провозглашенных экогородов по опубликованным в мире данным демонстрирует быстрый экспоненциальный рост (рис. 2), а более 95% из них было заложено в течение последней четверти века, то есть идея экогорода обретает глобальное значение, поэтому ее следует особо учитывать в градостроительстве 21-го века, в т.ч. в ходе развертывающегося "восточного" вектора России, намерений по опережающему освоению регионов Сибири, российской Арктики и Дальнего Востока [1, 2, 5, 6].

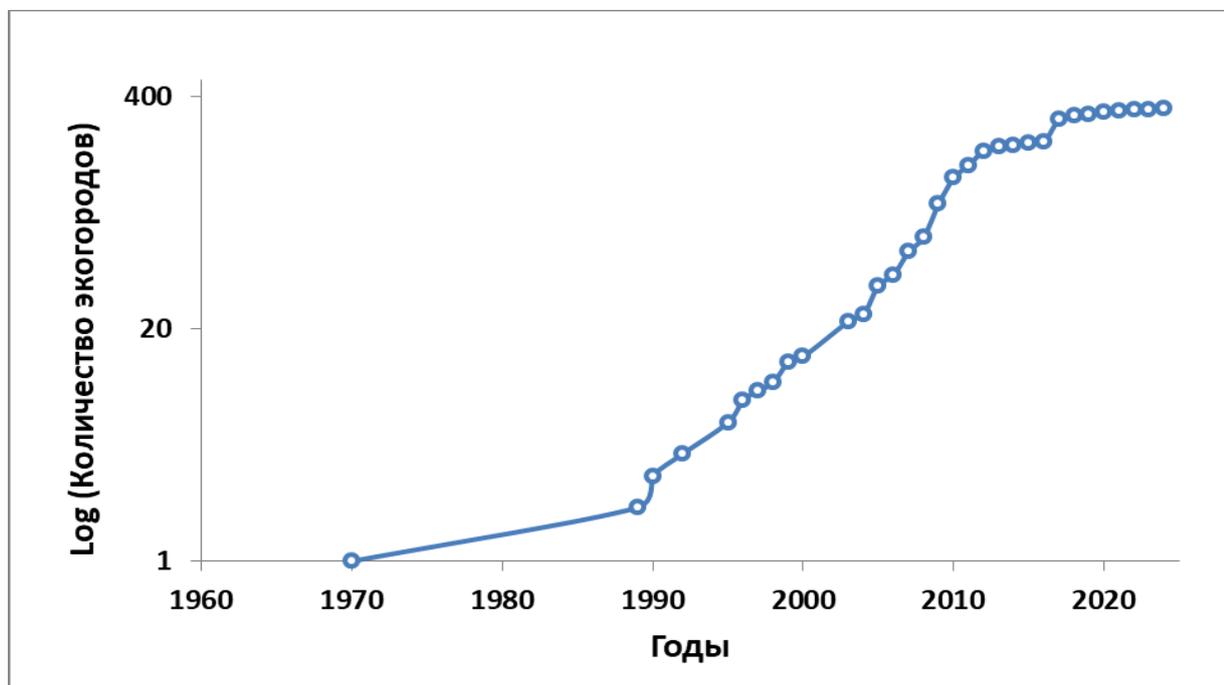


Рисунок 2 – Динамика роста количества объявленных экогородов в мире. Ось ординат показана в логарифмическом масштабе. Данные авторов

Figure 2 – Dynamics of the multiplication in the number of declared ecocities in the world. The ordinate axis is shown in logarithmic scale. Data of the authors

Поэтому практическую реализацию проектов экогородов следует анализировать не изолированно, не только как архитектурные и градостроительные инновации, а также в контексте рационального природопользования, рециркуляционного товарного производства при минимизации потребления природных ресурсов и минимизации промышленных и бытовых отходов при локальных и глобальных политических и экономических решениях. Хотя провозглашенные экогорода якобы включают экологические, экономические и социальные аспекты устойчивости, однако недавние аналитические публикации и обзоры демонстрируют, что коммерциализация, экономические приоритеты максимизации прибыли и предпринимательские проекты извлечения доходов из расширяющегося землепользования, где извлечение прибыли обычно доминирует над экологическими приоритетами [15, 18, 27]. А об успешности проектов экогородов пока продолжают судить по экономическим, а не экологическим показателям. Вместе с тем, только экогорода в ближайшей перспективе, очевидно, смогут помочь преодолевать экологические ограничения, и поддерживать баланс устойчивости обществ в разных географических районах для достижения экономических и социальных целей. Тем более что идеи экогородов начинают поддерживаться не только государствами, учеными и активными экологами, но также крупными транснациональными корпорациями и профессиональными союзами [25, 27].

Есть определенные противоречия и недостатки в безоглядных и бездумных попытках сразу и быстро построить экогород без должного учета особенностей местных традиций, образа жизни и уровня жизни, уровня научно-технологического развития и качества образования жителей. Поэтому зачастую объявленные проекты экогородов задерживаются с началом работ, кажутся непрактичными из-за непонимания их сути большинством городских жителей, особенно когда муниципального бюджета недостаточно для внедрения таких инноваций [22-24]. Серьезные ограничения для применимости идей экогорода для разных стран могут зависеть от размеров имеющегося места, особенностей демографии, традиционных моделей жилищ и городского планирования, доступности энергии и природных ресурсов, особенно учитывая, что большая часть публикаций была написана носителями Западной традиции и практики градостроительства в северных климатических условиях, тогда как подавляющее большинство населения мира проживает в местах с иным климатом, с иными социальными и урбанистическими традициями управления.

Поскольку в основе Западной предпринимательской модели экогорода оказывается исключительно экономический рост, где главной движущей силой и его же главной целью становится прибыль и “индивидуализм” предпринимателей, это может приводить к кардинальным отличиям от моделей на глобальном Востоке и глобальном Юге, где преобладают коллективистские модели благополучия и справедливости, религиозные традиции, доминирование государства. Модель экогорода может стать успешной только

при условии единства интересов всех вокруг принципов ЦУР, где, кроме роста экономических результатов предпринимательства, одновременно станут критерии: 1) жизненного благополучия людей в чистой окружающей среде (душевного спокойствия, качества здоровой и продолжительной жизни, адекватного непрерывного образования, достаточной покупательной способности); 2) восстановительной способности природных экосистем и 3) рационального землепользования и управления природными ресурсами.

Поэтому проекты планирования экогородов, очевидно, будут базироваться на образах видения альтернативного будущего, экологически устойчивого урбанистического будущего, когда в городских условиях будет фактически воспроизводиться “вторая природа”. Сейчас уже существуют новые наукоемкие технологии, способные обеспечивать растущее население Земли водой и пищей, которые естественным образом находят применение на урбанизированных территориях. Например, даже в условиях сурового сибирского климата в Иркутске уже функционируют несколько рентабельных экоферм, производящих зеленые салаты, микрозелень и клубнику круглый год (рис. 3).



Рисунок 3 – Пример выращивания экологически чистых растительных продуктов (микрозелени, салатов и клубники) для круглогодичного производства в кондиционированных условиях на сити-ферме в городе Иркутске, оборудованной в перепрофилированном промышленном здании в суровом климате Сибири. Источник фотографий: сити-фермер Максим Дигас <<https://go-link.ru/j34QX>> и <<https://go-link.ru/m87My>>

Figure 3 – An example of growing environmentally friendly plant products (microgreens, salads and strawberries) for year-round production in air-conditioned environment at a city-farm in the city of Irkutsk, equipped in a reorganized industrial building in the harsh climate of Siberia. Photo source: city farmer Maxim Digas <<https://go-link.ru/j34QX>> and <<https://go-link.ru/m87My>>

Экологически чистые продукты питания (растительные, животные и микробиологические) можно успешно выращивать в различных вертикальных сити-фермах (рис. 4) практически в любом месте планеты, включая существующие традиционные города и экогорода будущего [8].

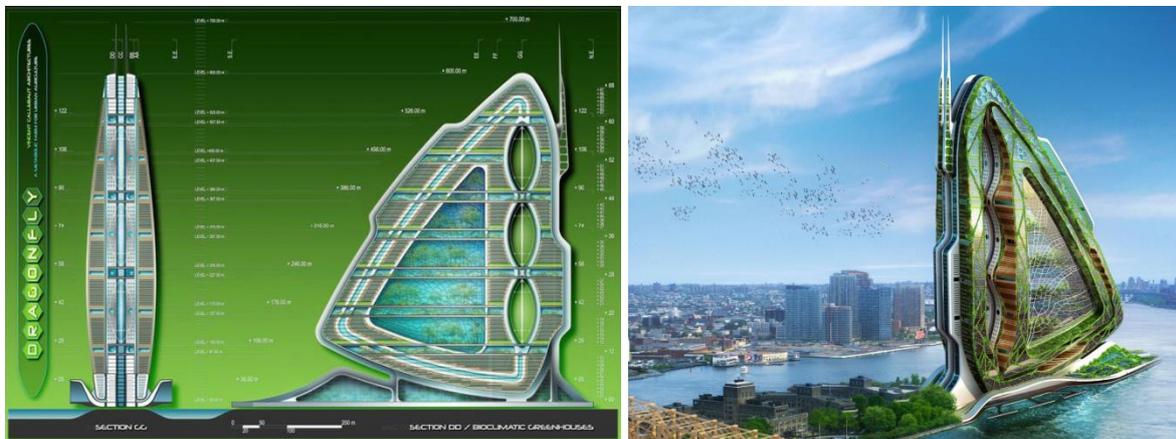


Рисунок 4 – Проект вертикальной городской фермы “Стрекоза” (Dragonfly), разработанный архитектурным бюро Винсента Каллебо (Vincent Callebaut) в 2009 как для умеренно холодного климата Нью-Йорка, для других северных территорий, а также для жарких субтропиков для круглогодичного производства экологически чистых растительных продуктов питания. Здесь размещаются 28 разных сельскохозяйственных агропромышленных площадок, включая фруктовые сады, гидропонные овощные огороды, откормочные площадки для скота, агролаборатории, места сбора дождевой воды, площадки компостирования и переработки биологических отходов. На них можно производить фрукты, овощи, зерновые культуры, а также мясную и молочную продукцию в прозрачном 132-этажном здании высотой около 600 м на основе самодостаточного эффективного использования солнечной и ветровой энергии. Источники иллюстраций: <<https://go-link.ru/oGlbQ>>, <<https://go-link.ru/oEVx1>>

Figure 4 – The “Dragonfly” vertical urban farm project, designed in 2009 for the temperate climate of New York, other northern regions, and hot subtropics for year-round production of environmentally friendly plant-based food products. It houses 28 different agricultural agro-industrial sites, including fruit orchards, hydroponic vegetable gardens, feedlots for cattle, agro-laboratories, rainwater collection reservoirs, composting and bio-waste processing sites. They can produce fruits, vegetables, grain crops, as well as meat and dairy products in a transparent 132-story building about 600 m high based on self-sufficient efficient use of solar and wind energy. Sources of illustrations: <<https://go-link.ru/oGlbQ>>, <<https://go-link.ru/oEVx1>>

Еще в 2010 году в мире не было ни одной вертикальной сити-фермы, а теперь их число растет экспоненциально, почти параллельно с разработкой проектов экогородов. Различные агропроекты зеленых парков и садов на крышах, а также агрофермы в небоскребах – типа проектов агрофутуриста-архитектора Диксона Депомье (Dickson Despommier), – становятся обязательными составными компонентами городского планирования будущих экогородов. Ранее существовавшая лишь как теоретическая идея, концепция вертикальных сити-ферм находится в стадии активного развития и

представляет собой перспективный фактор обеспечения продовольственной безопасности человечества уже сейчас и в перспективе [8, 22]

**Заключение.** Изучение литературы и опыт посещения некоторых создаваемых экогородов показывает, что реализация проектов по созданию экологически устойчивых городов потребует экстраординарных совместных усилий активистов гражданского общества, местных властей и предпринимательского сообщества. Важно на основе консенсуса выработать и соблюдать общие принципы городского планирования и концепции градостроительства, учитывающие экологические проблемы городов, и разрабатывать планы действий, адекватные конкретному ландшафту и климату. Анализ возможностей по экологической реконструкции населенных пунктов, например, в условиях сурового сибирского климата [5, 6, 14, 17, 15-18] позволяет предложить варианты решения экологических проблем через массовое зеленое домостроительство экологичных зданий, в соответствии правительственным Постановлением России о проектах устойчивого (зеленого) строительства [2] может быть применено в городах Сибири различного масштаба [1, 2, 3, 4].

Согласно концепции Р. Реджистера [25, 26], экогорода первоначально задумывались как мелкомасштабные трансформации и модернизации в существующей застроенной городской среде. Эти вмешательства должны были разрабатываться в рамках прогресса, возглавляемого экологически озабоченными гражданами и архитекторами, мотивированными заботой об экологических ограничениях и социальной справедливости. Вплоть до настоящего времени, основной мотивацией и движущей силой проектов “экогородов” устойчиво остаются экологические проблемы, угрозы и вызовы которых вынужденно стимулируют и мобилизуют широкие слои населения для достижения более широких экологических целей и задач, используя преимущественно научно-образовательные, просветительские, политические или экономические средства. Создание экогорода — это одновременно способ продемонстрировать приверженность принципам “Повестки для 21 века” и ЦУР-2030, поскольку смысл устройства любого экогорода состоит именно в его способности уменьшить или нейтрализовать разнообразные современные угрозы и вызовы, обозначенные в главных семнадцати ЦУР-2030 ООН [5]. В результате в последнее десятилетие многие города сумели создать и обустроить выдающиеся экологически здоровые и финансово благополучные районы, благодаря повышению способности конкурировать за инвестиции в национальном и глобальном масштабе. Несмотря на растущую популярность этой концепции на протяжении последних лет и недавних громких объявлений проектирования экогородов, в литературе наблюдается очень небольшое количество публикаций, которые бы могли критически оценивать более широкое значение и отдаленные последствия создания экогорода.

Новая градостроительная идея в направлении обустройства “экологических городов”, возникшая в конце 20 века и получившая сильную

поддержку и реализацию в начале 21 века, оказалась крепко связанной с уровнем развития цивилизации и экологической культурой сохранения здоровой окружающей среды различных стран. Она начинает все больше оказывать воздействие на решение масштабных экологических проблем в ходе достижения основных ЦУР-2030.

Современные проекты экогородов пытаются выйти за традиционные пределы и начинают преследовать одновременно как экономические, так и экологические цели. Способность государства и предпринимателей, а также экологически ответственной общественности реализовать свои утопические амбиции в формате новых экогородов может быть действительно ограничена реалиями существования в высоко конкурентной среде предпринимательского планирования, ориентированного на получение прибыли. Большинство “зеленых” экогородов в мире создается в климатических зонах с преобладающей температурой воздуха от +24°C до +29°C. В этих теплых городах создать комфортную среду проще и дешевле, чем, например, в таких экстремально холодных местах, например, как Сибирь и Монголия. В отличие от реализующихся проектов экогородов в теплых регионах планеты, суровые климатические условия Байкальской Сибири являются особыми проблемами для разработки технологий и методов конструирования зданий и инфраструктуры. Расположение городов Байкальской Сибири в резко континентальном климате со среднегодовой температурой -1.4°C (исторический минимум -52°C, исторический максимум +36°C), где средняя продолжительность безморозного периода составляет около 110 дней, является серьезным испытанием и вызовом для проживания, работы и отдыха людей.

Идея создания экогородов с основными объектами под куполами [14] представляется универсальной и применимой к экстремальным климатическим условиям, будь то жара или холод. Подобный подход может быть эффективен для освоения регионов с аномальным климатом, таких как Сибирь, Арктика и Дальний Восток, Северная Америка. Использование прозрачных геодезических куполов типа оранжерей для моделирования различных экосистем позволит создавать условия для выращивания растений и обеспечения адаптации к экстремальным условиям [8]. Этот подход может базироваться на опыте, накопленном в различных ботанических садах, которые часто выступают в качестве ресурсов для адаптации и реабилитации растений в аномальных климатических условиях.

Значимость современной темы “экогородов” заключается в необходимости поиска устойчивых и эффективных решений для сбалансированного развития городского пространства для жизни, отдыха и работы, учитывающих проблемы окружающей среды, устойчивого развития и качества жизни горожан. В условиях ускоряющегося роста городского населения, загрязнения и истощения природных ресурсов, актуальность экологических аспектов проектирования городов становится все более значимой. Актуальность проблемы проектирования и строительства экогородов обусловлена рядом факторов,

включая уплотнение городской застройки, изменение климата, ускорение роста численности населения и темпа потребления ресурсов, угрозы загрязнения и ухудшения качества воздуха и воды, повышение уровня шума и т.д. Поэтому поиск экологически обоснованных подходов и инновационных технологий не только для роста городов и их экономической конкурентоспособности и становится насущной задачей для них.

Хотя многие попытки осуществить проекты экогородов и экорайонов позиционируют себя как градостроительные модели будущего развития цивилизации в странах с разными уровнями социально-экономического и экологического благополучия, однако пока нет примеров, когда бы такие попытки сумели в полном объеме реализовать модели “Экогород-1” [18]. К настоящему времени лишь ряд городов соответствует некоторым критериям экогорода, но только по отдельным характеристикам, что уже является существенным успехом. Однако в реальности даже в этих примерах приоритетными критериями остаются экономические показатели прибыли и конкурентоспособности, а истинные архитектурные, экологические и демографические индикаторы оказываются пока второстепенными. Вероятно, это связано с тем, что “бутылочными горлышками”, или ограничителями для развития “экогородов”, становятся скорее экономические, технические, технологические, культурные, образовательные, просветительские и социальные, чем экологические характеристики [7, 11, 15]. Важно, что центральные правительства России, Китая, Индии, Великобритания, Испании, Бразилии, Монголии, Южной Кореи, США, Танзании, Нигерии, Иордании и др. становятся в последнее время инициаторами либо создания новых экогородов, либо модернизации и реновации существующих кварталов, поселений, районов и малых городов и даже мегаполисов в качестве экогородов. Поэтому предыдущие ранние экологические народные движения “снизу” получают теперь самую высокую поддержку. В случае с Россией такое соединение совпадающих желаний населения и возможностей органов власти в настоящее время предлагаются для преобразования в экогорода таких малых промышленных моногородов, как Байкальск, Усолье-Сибирское, Мирный в Восточной Сибири вслед за стратегией развития большого города Иркутска как эко-логичного города [3,4].

#### Список литературы

1. Правительство России. О решениях по итогам заседания Правительственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал. Портал Правительства России. 04.04.2023. – <http://government.ru/news/48153/> (доступ 30.10.2024).
2. Правительство РФ. Постановление Правительства РФ от 21 сентября 2021 г. № 1587 “Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации”, 27 сентября 2021. [Электронный ресурс]. <https://go-link.ru/oXB5E> (доступ 30.10.2024).

3. Постановление мэра гор. Иркутска от 15.10.2012 г № 031-06-2043/12-1 “Об утверждении муниципальной программы “Эко-Логичный город” на 2013-2017 годы”. 2012. <https://irkutsk-gov.ru/doc/56241> (доступ 30.10.2024).
4. Паспорт муниципальной программы гор. Иркутска “Эко-логичный город на 2013—2017 годы”. Приложение к Постановлению от 15.10.2012 г № 031-06-2043/12-1. <https://irkutsk-gov.ru/doc/56242> (доступ 30.10.2024).
5. Абрамченко, В. В. Байкальск станет визитной карточкой экотуризма России /В.В. Абрамченко // Портал Правительства России. 10.01.2023. <http://government.ru/news/47506/> (доступ 30.10.2024).
6. Абрамченко, В.В. На экологическую реабилитацию Усолья-Сибирского направят 1,6 млрд. рублей в 2024 году /В. В. Абрамченко // Портал Правительства России. 06.09.2023. <http://government.ru/news/49437/> (доступ 30.10.2024).
7. Авербух, В.М. Шестой технологический уклад и перспективы России (краткий обзор) /В.М. Авербух // Вестник Ставропольского ГУ. - 2010. - Т. 71. - С. 159-166. <https://go-link.ru/P52yM>.
8. Бикташев, А.И. Городские агрофермы как новый тип общественного пространства: совмещение производственного и средообразующего аспектов/ А.И. Бикташев, А. И. Коломина, И. В. Краснобаев // Изв. Казанского ГАСУ. - 2019. - № 1 (47). - С. 46-54. <https://go-link.ru/oMbZv>.
9. Бобылева, С.Н. Цели устойчивого развития ООН и Россия. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации / С.Н. Бобылева, Л. М. Григорьева (ред.). - М.: Аналит. центр при Правительстве Российской Федерации. - 2016. - 298 с. <https://clck.ru/37UCY4>.
10. Волошинская, А.А. Концепции экогорода: рекомендации для России/ А.А. Волошинская, В.М. Комаров // Terra Economicus, 2017. – Т. 15. - № 4. - С. 92-108. DOI: 10.23683/2073-6606-2017-15-4-92-108.
11. Глазьев, С.Ю. Стратегия опережающего развития и интеграции на основе становления шестого технологического уклада/С.Ю. Глазьев// Междунар. науч.-познават. журн. “Партнерство цивилизаций”. -2013. - №1-2. - С.195-232.
12. Говард, Э. Города-сады будущего/ Э. Говард - СПб: Тип. “Общественная польза”, 1911. - 208 с.
13. Григорьев, В.А. Экологизация городов в мире, России, Сибири (аналит. обзор) / В.А. Григорьев, И.А. Огородников // Экология. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2001. - Вып. 63 – 152 с. <https://clck.ru/37WofD>.
14. Краснов, А. Архитекторы предложили создать город-сад под куполом в алмазном карьере в Мирном Саха (Якутия) // GlobalSib, 17.01.2011. <https://globalsib.com/80028/>
15. Кузеванов, В. Экогорода - утопия или... будущее // В.Я. Кузеванов // Проект Байкал. - 2024. - Т. 21. - № 80. - С. 72-79. <https://projectbaikal.com/index.php/pb/article/view/2334>
16. Кузеванов, В.Я. Эко-Логика Байкальска. Город у Байкала на пути к Эко-Логичности // Байкал Эко-Логика/ В.Я. Кузеванов - Иркутск: ИРНТУ, 2022. - С. 10-11. <https://clck.ru/37wQHu>.
17. Кузеванов В.Я. Усолье-Сибирское: От рискованного природопользования к экологичному городу // Усолье-Сибирское – индустриальный эко-город будущего // В.Я. Кузеванов - Иркутск: ИРНТУ, 2023. - С. 10-12. <https://clck.ru/34A62a>.
18. Кузеванов, В.Я. Экогорода как новые подходы для устойчивого развития в Байкальской Сибири // В.Я. Кузеванов // Сб.: Состояние окружающей среды: проблемы экологии и пути их решения// Матер. IV Всеросс. науч.-практ. конф.// Иркутск: ИГУ, 2024. - С. 87-102. <https://elibrary.ru/item.asp?id=67096135>.
19. Кузеванов, В.Я. Эко-логичный город: роль ботанических садов в сохранении биоразнообразия и формировании экологичной городской среды / В.Я. Кузеванов, Ю.Н.

Горбунов // Проблемы озеленения городов Сибири и рационального природопользования. // Молодежный: Изд-во ИрГАУ. - 2022. - С. 3-20. <https://clck.ru/37UAaY> (доступ 30.10.2024).

20. Agenda 21. United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. United Nations Organization, 1992. - 351 p. <https://go-link.ru/jg07B> (доступ 30.10.2024).

21. Brundtland G. H. et al. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. New York : United Nations Organization, 1987. - 300 p. <https://go-link.ru/PYQ06> (доступ 30.10.2024).

22. de Jong M. Exploring the Relevance of the Eco-City Concept in China: The Case of Shenzhen Sino-Dutch Low Carbon City / M. de Jong, D. Wang, C. Yu // Journal of Urban Technology, 2013. – Vol. 20(1). – P. 95-113. DOI: 10.1080/10630732.2012.756202

23. Hanson A. Ecological Civilization in the People’s Republic of China: Values, Action, and Future Needs // Asian Development Bank East Asia Working Paper Series, December 2019. - No 21. – 35 p. - <http://dx.doi.org/10.22617/WPS190604-2> <https://clck.ru/37W4fx> (доступ 30.10.2024).

24. Joss S. Eco-cities: the mainstreaming of urban sustainability; key characteristics and driving factors. // International Journal of Sustainable Development and Planning, 2011. – Vol.6 (3). - P. 268–285.

25. Register R. Ecocities: building cities in balance with nature. Berkeley, CA: Berkeley Hills Books, 2002. – 290 p.

26. Register R. Ecocity Berkeley. Berkeley, CA: North Atlantic Books. - 1987. – 140 p. : <https://go-link.ru/oO3MD> (доступ 30.10.2024).

27. Suzuki H., Dastur A., Moffatt S., Yabuki N., Maruyama H. Eco<sup>2</sup> Cities: Ecological Cities as Economic Cities / H. Suzuki, A. Dastur, S. Moffatt, N. Yabuki, H. Maruyama // Washington, DC: The World Bank, 2010. – 392 p. DOI 10.1596/978-0-8213-8046-8. <https://go-link.ru/Py3dz> (доступ 30.10.2024).

## References

1. Pravitel'stvo Rossii. O reshenijah po itogam zasedanija Pravitel'stvennoj komissii po voprosam ohrany ozera Bajkal. Portal Pravitel'stva Rossii. 04.04.2023 [Government of the Russian Federation. On decisions following the meeting of the Government Commission for the Protection of Lake Baikal. Portal of the Government of the Russian Federation. 04/04/2023]. <http://government.ru/news/48153/> (accessed 10/30/2024).

2. Pravitel'stvo RF. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21 sentjabrja 2021 g. № 1587 “Ob utverzhdenii kriteriev proektov ustojchivogo (v tom chisle zelenogo) razvitija v Rossijskoj Federacii i trebovanij k sisteme verifikacii proektov ustojchivogo (v tom chisle zelenogo) razvitija v Rossijskoj Federacii”, 27 sentjabrja 2021. [Elektronnyj resurs]. <https://go-link.ru/oXB5E> (dostup 30.10.2024) [Government of the Russian Federation. Resolution of the Government of the Russian Federation of September 21, 2021 No. 1587 "On approval of the criteria for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation and requirements for the verification system for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation", September 27, 2021]. <https://go-link.ru/oXB5E> (accessed 10/30/2024).

3. Postanovlenie mjera gor. Irkutska ot 15.10.2012 g № 031-06-2043/12-1 “Ob utverzhdenii municipal'noj programmy “Jeko-Logichnyj gorod” na 2013-2017 gody” [Resolution of the Mayor of the city of Irkutsk of 10/15/2012 No. 031-06-2043/12-1 "On approval of the municipal program "Eco-logical city" for 2013-2017". 2012]. <https://irkutsk-gov.ru/doc/56241> (accessed 10/30/2024).

4. Pasport municipal'noj programmy gor. Irkutska “Jeko-logichnyj gorod na 2013—2017 gody”. Prilozhenie k Postanovleniju ot 15.10.2012 g № 031-06-2043/12-1 [Passport of the municipal program of the city of Irkutsk "Eco-logical city for 2013-2017". Appendix to the Resolution of 10/15/2012 No. 031-06-2043/12-1]. <https://irkutsk-gov.ru/doc/56242> (accessed 10/30/2024).

5. Abramchenko, V.V. Bajkal'sk stanet vizitnoj kartochkoj jekoturizma Rossii [Baikalsk will become the hallmark of ecotourism in Russia]. Portal of the Government of Russia. 10.01.2023. <http://government.ru/news/47506/> (accessed 30.10.2024).
6. Abramchenko, V.V. Na jekologicheskiju reabilitaciju Usol'ja-Sibirskogo napravjat 1,6 mlrd. rubej v 2024 godu [1.6 billion rubles will be allocated for the environmental rehabilitation of Usolye-Sibirskoye in 2024]. Portal of the Government of Russia. 06.09.2023. <http://government.ru/news/49437/> (accessed 30.10.2024).
7. Averbukh, V.M. Shestoj tehnologicheskij ukklad i perspektivy Rossii (kratkij obzor) [The sixth technological mode and prospects of Russia (brief overview) ]. Bulletin of the Stavropol State University, 2010, vol. 71, pp. 159-166. <https://go-link.ru/P52yM>.
8. Biktashev, A.I. et al. Gorodskie agrofermy kak novyj tip obshhestvennogo prostranstva: sovmeshhenie proizvodstvennogo i sredobrazujushhego aspektov [Urban agricultural farms as a new type of public space: combining production and environment-forming aspects]. Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, 2019, no. 1 (47), pp. 46-54. <https://go-link.ru/oMbZv>
9. Bobyleva, S.N. Celi ustojchivogo razvitija OON i Rossija. Doklad o chelovecheskom razvitii v Rossijskoj Federacii [UN Sustainable Development Goals and Russia. Human Development Report in the Russian Federation]. Moscow: Analytical Center under the Government of the Russian Federation, 2016, 298 p. <https://clck.ru/37UCY4>.
10. Voloshinskaya, A.A., Komarov, V.M. Konceptii jekogoroda: rekomendacii dlja Rossii [Eco-city concepts: recommendations for Russia]. Terra Economicus, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 92-108. DOI: 10.23683/2073-6606-2017-15-4-92-108.
11. Glazyev, S.Yu. Strategija operezhajushhego razvitija i integracii na osnove stanovlenija shestogo tehnologicheskogo uklada [Strategy of advanced development and integration based on the formation of the sixth technological order]. International scientific and educational journal "Partnership of Civilizations", 2013, no. 1-2, pp. 195-232.
12. Howard, E. Goroda-sady budushhego [Garden cities of the future]. Sankt-Petersburg: Printing house "Obshchestvennaya polza", 1911, 208 p.
13. Grigoriev, V.A., Ogorodnikov, I.A. Jekologizacija gorodov v mire, Rossii, Sibiri (analit. obzor) [Greening of cities in the world, Russia, Siberia (analytical review)] // Ecology. Novosibirsk: State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001. - Issue. 63 - 152 p. [Electronic resource]. <https://clck.ru/37WofD>.
14. Krasnov, A. Arhitektory predlozhili sozdat' gorod-sad pod kupolom v almaznom kar'ere v Mirnom Saha (Jakutija) [Architects proposed to create a garden city under a dome in a diamond quarry in Mirny, Sakha (Yakutia)]. GlobalSib, 17.01.2011, <https://globalsib.com/80028>.
15. Kuzevanov, V. [Eco-cities - utopia or ... the future]. Project Baikal, 2024, vol. 21, no. 80, pp. 72-79. <<https://projectbaikal.com/index.php/pb/article/view/2334>.
16. Kuzevanov, V. Ya. Jeko-Logika Bajkal'ska. Gorod u Bajkala na puti k Jeko-Logichnosti [Eco-Logic of Baikal. City by Lake Baikal on the Way to Eco-Logic]. Baikal Eco-Logic, Irkutsk: IRNITU, 2022, pp. 10-11: <https://clck.ru/37wQHU>.
17. Kuzevanov V. Ya. Usol'e-Sibirskoe: Ot riskovannogo prirodopol'zovanija k jekologichnomu gorodu [Usolye-Sibirskoye: From Risky Nature Management to an Eco-logical City // Usolye-Sibirskoye - Industrial Eco-City of the Future. - Irkutsk: IRNITU, 2023. - Pp. 10-12]. <https://clck.ru/34A62a>.
18. Kuzevanov V.Ya. Jekogoroda kak novye podhody dlja ustojchivogo razvitija v Bajkal'skoj Sibiri [Eco-cities as new approaches for sustainable development in Baikal Siberia. In the collection: State of the environment: environmental problems and ways to solve them. Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference. Irkutsk, 2024. Pp. 87-102]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=67096135>

19. Kuzevanov, V.Ya., Gorbunov, Yu.N. Jeko-logichnyj gorod: rol' botanicheskikh sadov v sohranenii bioraznობrazija i formirovanii jekologichnoj gorodskoj sredy [Eco-logical city: the role of botanical gardens in preserving biodiversity and forming an ecological urban environment]. // Problems of greening of Siberian cities and rational nature management. - Youth: Publishing house of IrSAU. - 2022. - P. 3-20. <https://clck.ru/37UAaY> (accessed 10/30/2024).

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах:**

Кузеванов Виктор Яковлевич – кандидат биологических наук, профессор Российской Академии Естествознания, доцент, ФГБОУ ВО “Байкальский государственный университет”. Область исследований - экологические основы природопользования и экологические ресурсы ботанических садов. Автор 5 монографий и более 200 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО “Байкальский государственный университет”, e-mail: victor.kuzevanov@gmail.com, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3309-3587>.

Кузеванова Елена Николаевна – кандидат биологических наук, профессор Российской Академии Естествознания, зав. сектором музееведения ФГБУН “Байкальский музей СО РАН”. Область исследований – экология и байкаловедение, разработка учебных программ по байкаловедению для школьников 5, 6 и 7 классов. Автор 7 монографий и более 50 научных публикаций.

**Контактная информация:** ФГБУН “Байкальский музей СО РАН”, 664520, Иркутская область, Иркутский район, п. Листвянка, ул. Академическая, 1, e-mail: elena.kuzevanova2015@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9784-5939>.

### **Information about authors**

Victor Ya. Kuzevanov – Candidate of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences, Associate Professor, FSBEI HE “Baikal State University”. Research area - ecological principles of nature management and ecological resources of botanical gardens. Author of 5 monographs and more than 200 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE “Baikal State University”. 11 Lenin str., Irkutsk, Russia, 664003, e-mail: victor.kuzevanov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3309-3587>.

Elena N. Kuzevanova – Candidate of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Museology Sector. FSBSI “Baikal Museum of SB RAS”. Research area - ecology and Baikal studies, development of educational programs on Baikal studies for

schoolchildren of grades 5, 6 and 7. Author of 7 monographs and more than 50 scientific publications.

**Contact information:** FSBSI “Baikal Museum of SB RAS”. Listvyanka, 1 Akademicheskaya str., Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664520, e-mail: elena.kuzevanova2015@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9784-5939>.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-107-121

УДК 574.3

Научная статья

## ЧЕРТЫ ЭКОЛОГИИ И СТРУКТУРА МЕСТООБИТАНИЙ СИБИРСКОГО ГОРНОГО КОЗЛА (*CAPRA SIBIRICA* PALL., 1776) КАК ОСНОВА ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ДАННЫХ ПО ЕГО ЧИСЛЕННОСТИ НА ВОСТОЧНОМ САЯНЕ

<sup>1</sup>С.В.Малых, <sup>2</sup>Д.Ф.Леонтьев, <sup>2</sup>А.Р.Чусов

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Молодёжный,  
Иркутский р-он, Иркутская область, Россия

**Аннотация.** Сибирский горный козёл *Capra sibirica* Pall., 1776 в Восточном Саяне известен давно. Группировки вида представлены в высокогорьях, но численность его повсюду низка. Попытки оценить численность горного козла предпринимались неоднократно в разные годы, однако оценки существенно отличаются друг от друга. Полноценной информации о современном состоянии численности в группировках козерога нет. Изменение климата в условиях Восточного Саяна способствуют зарастанию биотопов степей и тундр древесно-кустарниковой растительностью, что означает интенсивное сокращение площади не только наиболее ценных для горного козла местообитаний – горных степей, но даже гораздо менее значимых – горных тундр. Фактически горный козёл постепенно лишается своих местообитаний по кормовым свойствам. Заращение рефугиумов является главной причиной многолетней устойчивой тенденции фрагментации ареала и сокращения численности горного козла в Восточном Саяне. На перспективу, фрагментация ареала и сокращение численности продолжится. В ближайшие десятилетия могут целиком исчезнуть отдельные группировки, в первую очередь, в многоснежных районах – западной части популяции. Экология этого вида позволила на принципах ландшафтно-видовой концепции охотничьей таксации структурировать местообитания и выделить арены экстраполяции. Известные ведомственные учётные данные были использованы для экстраполяции по пяти сценариям. По нашей оценке, наиболее близкую к современному состоянию численность даёт экстраполяция средней плотности населения на площадь оптимальных и субоптимальных местообитаний в пределах выявленного ограниченного контура ареала. По результатам выполненной работы современная численность сибирского горного козла составляет около 1200 особей.

**Ключевые слова:** *Capra sibirica*, экология, местообитания, использование местообитаний, учёт численности, сценарии арен экстраполяции, состояние численности.

**Для цитирования:** Малых С.В., Леонтьев Д.Ф., Чусов А.Р. Черты экологии и структура местообитаний сибирского горного козла (*Capra sibirica* Pall., 1776) как основа для численных экспериментов при экстраполяции данных по его численности на Восточном Саяне. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 107-121. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-107-121.

## ECOLOGICAL FEATURES AND HABITAT STRUCTURE OF THE SIBERIAN MOUNTAIN GOAT (*CAPRA SIBIRICA* PALL., 1776) AS A BASIS FOR NUMERICAL EXPERIMENTS IN EXTRAPOLATION OF DATA ON ITS NUMBERS IN THE EASTERN SAYAN

<sup>1</sup> Sergey V. Malykh, <sup>2</sup> Dmitry F. Leontiev, <sup>2</sup> Artem R. Chusov

<sup>1</sup>A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences. *Moscow, Russia*

<sup>2</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

**Abstract.** The Siberian mountain goat *Capra sibirica* Pall., 1776 in the Eastern Sayan has been known for a long time. Groupings of the species are represented in the highlands but its abundance is low everywhere. Attempts to estimate the number of mountain goats have been made repeatedly over the years but estimates differ significantly from each other. There is no complete information about the current state of numbers in the capricorn groupings. Climate change in the conditions of the Eastern Sayan contributes to the overgrowing of steppe and tundra biotopes with woody and shrubby vegetation, which means an intensive reduction in the area of not only the most valuable habitats for the mountain goat - the mountain steppes, but even much less significant ones - the mountain tundra. In fact, the mountain goat is gradually losing its habitats due to its food properties. Overgrowing of refugia is the main reason for the long-term stable trend of habitat fragmentation and reduction of the mountain goat population in the Eastern Sayan. In the future, the fragmentation of the area and the reduction in numbers will continue. In the coming decades, individual groupings may completely disappear, primarily in snow-covered areas - the western part of the population. The ecology of this species allowed us to structure habitats and identify extrapolation arenas based on the principles of the landscape-species concept of hunting taxation. Known departmental accounting data were used for extrapolation according to five scenarios. According to our assessment, the number closest to the current state is given by extrapolating the average population density to the area of optimal and suboptimal habitats within the identified limited area contour. According to the results of the work performed, the current number of Siberian mountain goat is about 1200 individuals.

**Keywords:** *Capra sibirica*, ecology, habitats, habitat use, population accounting, scenarios of extrapolation arenas, population status.

**For citation:** Malykh S.V, Leontiev D.F., Chusov A.R. Ecological features and habitat structure of the Siberian mountain goat (*Capra sibirica* pall., 1776) as a basis for numerical experiments in extrapolation of data on its numbers in the Eastern Sayan. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 107-121. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-107-121.

**Введение.** Сибирский горный козёл *Capra sibirica* Pall., 1776, или козерог, в Восточном Саяне известен давно. В целом, вид широко распространён в высокогорьях гор юга региона, однако численность его повсюду низка. Попытки оценить численность горного козла предпринимались неоднократно в разные годы, но оценки существенно отличаются друг от друга. Полноценной информации о современном состоянии группировок козерога нет.

В силу слабой изученности вид включён в Красную книгу Республики Бурятия [7], Иркутской области [5] и Красноярского края [8]. С 2020 года восточно-саянская популяция (за исключением Республики Тыва) включена в Красную книгу РФ [6]. В ретроспективе, как минимум 2 десятилетий, отмечается явное снижение численности козерога, однако тенденция не находит должного внимания ни в исследованиях, ни в охране этого вида. Такая неопределённая и противоречивая ситуация подчёркивает необходимость инвентаризации местообитаний, оценки современного состояния численности сибирского горного козла в Восточном Саяне и остро ставит вопрос его охраны. Инвентаризацию затрудняет то, что вид обитает по сути в условиях рефугиума, условия обитания в котором меняются в не лучшую для козерога сторону. Как результат глобального потепления, растёт гумидность климата высокогорий и имеет место сдвиг вверх лесной границы экотона “лесной пояс-горная тундра” [3]. Все это в совокупности негативно сказывается на условиях обитания сибирского горного козла и отражается на его экологии и численности.

Основные жизнеспособные группировки сибирского горного козла размещаются в Бурятии (Окинский и Тункинский районы), и одна в Тофаларии (Нижнеудинский р-н Иркутской обл.). По оценкам они сосредотачивают в себе более 90% численности всей восточно-саянской популяции вида. Остальные группировки расположены на удалённых и труднодоступных территориях в Тыве вдоль границы с Бурятией и Иркутской областью – по периферии основных. Подробности границ распространения некоторых группировок особей остаются до конца не ясны, площадь их простирается приблизительно. Ранее арена экстраполяции выделялась весьма ориентировочно по ведомственным данным от 3,3 млн. га до 8,3 млн. га. Закономерности размещения поголовья горного козла ранее по сути не рассматривались. В итоге, оценки, по литературным данным, были получены противоречивыми, с разницей в 2-3 раза, а численность на этом фоне остаётся не выясненной в должной мере, т.е. достаточно точно.

В основном изучение козерога проводилось в прошлом и проводится в настоящее время силами иркутских исследователей: И.А. Опрышко [16], Д.Г. Медведева [14] и других на территории Бурятии [12, 13] и в Тофаларии [1,11]. Кроме того, было охарактеризовано состояние численности козерога как объекта питания снежного барса на Восточном Саяне в целом [4].

Априори результаты учёта для достаточно точной оценки численности по региону могут быть получены при использовании научно обоснованной арены экстраполяции полученных выборочных учётных данных. Картографирование в соответствии с ландшафтно-видовой концепцией охотничьей таксации [10] может позволить оценку местообитаний по степени их предпочтения видом и получить арены экстраполяции данных учёта по выбранным сценариям.

**Цель** - инвентаризация местообитаний сибирского горного козла в Восточном Саяне на принципах ландшафтно-видовой концепции охотничьей

таксации для получения арены экстраполяции и численных экспериментов при его учетах.

**Материал и методика.** В качестве материалов использованы ведомственные учетные данные 2022 г., а также материалы по ландшафтной инвентаризации местообитаний сибирского горного козла, выполненные авторами. Необходимо показать насколько линейная экстраполяция (нелинейная в этом сообщении не обсуждается) может отражаться на результатах при различных сценариях выделения на основе структуры местообитаний арен экстраполяции.

В практике охотничьего хозяйства, и в данной работе, используется взаимосвязь условий среды с размещением охотничьих животных. Поэтому возможно осуществить картографирование их местообитаний, используя ландшафтную карту юга Восточной Сибири [9]. Местообитания обеспечивают жизненные условия населения определенного вида животных. Различное качество условий обитания обуславливает разную плотность их населения. Максимальные плотности можно наблюдать в наилучших местообитаниях. По условиям обитания можно осуществлять оценку местообитаний. Этот принцип используется в ландшафтно-видовой концепции охотничьей таксации», которую мы используем. Согласно этой концепции, территория ареала делится на оптимальные, субоптимальные местообитания и несвойственные уголья. Оптимальными местообитаниями явились выделы (участки территории), обеспечивающие вид животного жизненными условиями на протяжении всего годового цикла жизни наилучшим образом. Субоптимальными – преимущественно сезонно используемые участки или круглогодично, но со скудной кормовой базой и недостаточными защитными условиями. К несвойственным относились ландшафтные выделы, в которых животные не обитают и могут быть встречены лишь случайно при сезонных перемещениях.

Типичными станциями сибирского горного козла принято считать пояс гольцов. Однако местами козерог спускается в несвойственный ему лесной пояс. Между тем, наилучшими местообитаниями являются горные степи, но степи по градиенту высоты расположены ниже леса, а гольцовая зона – выше. Получается так, что горный козёл, так или иначе, осваивает все три пояса: гольцовый, степной и вынужденно использует лесной. Обобщение этих закономерностей не лежит на поверхности, но эта особенность экологии вида при оценке местообитаний нами использовалась в работе. Обычно в расчётах при экстраполяции используют только площадь гольцовых (пояс выше леса) поверхностей, что не совсем верно, а в иных случаях – совсем не верно. Так, местами горный козёл образует наибольшие концентрации на локальных участках экотона степи-леса, а если граница их резко выражена – в горной степи. Эти участки занимают совсем незначительные на территории площади по отношению к гольцам, на которых горный козёл может даже отсутствовать по разным причинам. Требования вида к местообитаниям прежде всего заключаются в наличии участков горной степи в сочетании скалистых мест.

Именно такие участки являются для козерога лучшими (оптимальными) местообитаниями. Степи в условиях Восточного Саяна естественным образом соответствует наиболее малоснежным участкам южной экспозиции с высокой инсоляцией (солнцепёчные). На северной периферии ареала вида такие местообитания представлены фрагментами, если не вкраплениями в зоне тайги, как и на Западном Саяне [18], и не образуют сплошных массивов. По градиенту высоты они примыкают к нижней границе леса, хорошо видны и различимы на спутниковых снимках (тоже своего рода ландшафтная карта). Это нами использовалось при изучении структуры местообитаний и ландшафтно-видовой оценке.

По результатам учёта 2022 года, согласно ведомственному отчёту, по всем участкам на маршрутах учтено 296 голов на площади 898 кв. км (в среднем 3.3 особей на 1 тыс. га), информация ещё по 33 особям получена из опросов в реальном времени. Общая площадь осмотра всеми группами учёта составила ориентировочно 1300 кв. км. Были получены средние данные по плотности населения 2.5 голов на тыс. га.

Расчеты выполнялись по следующим сценариям: 1) экстраполяция средней плотности населения на всю площадь высокогорий; 2) экстраполяция средней плотности населения в пределах выявленного ограниченного контура ареала; 3) экстраполяция средней плотности населения на площадь оптимальных и субоптимальных местообитаний в пределах выявленного ограниченного контура ареала; 4) экстраполяция средней плотности населения на площадь оптимальных местообитаний в пределах ограниченного контура ареала; 5) экстраполяция средней плотности населения при условии использования видом половины площади оптимальных местообитаний.

**Результаты и их обсуждение.** Рельеф и климат по условиям распределения глубины снежного покрова определяют размещение горного козла зимой. По Восточному Саяну выделяется многоснежный пояс и пояс относительного оптимума с наличием горных степей. Относительно малоснежные участки прикрыты от основных воздушных фронтов. На них закономерно размещаются основные группировки горного козла. Такие условия имеются в бассейне Уды (Тофалария в Иркутской обл.), по хребтам Сархойский, Мунко-Саридак, Тункинские и Китойские гольцы (Бурятия). Многоснежьем отличаются все участки группировок Тывы, поэтому горный козёл здесь особенно редок. В многоснежных районах его местообитания – небольшие участки в поясе тайги, или над ней, где горные козлы вынуждены ютиться в рефугиумах.

В условиях Восточного Саяна выше границы леса подавляющее распространение получил каменистый тундровый ландшафт. Участки горной степи фрагментарны или разбавлены тундрами, ложно принимаемыми за свойственные местообитания. Скальный рельеф обладает хорошими защитными свойствами, однако может быть непригоден по кормовым свойствам. Сглаженный рельеф каменных россыпей горный козёл избегает. Он

встречается в зоне леса при стечении благоприятных условий. Чем более многоснежный район, тем большее значение приобретают рефугиумы лесного пояса.

Гольцовые комплексы как местообитания горного козла не всегда соответствуют фактическому размещению группировок. Следовательно, потенциальное размещение козерога, используемое ошибочно, существенно отличается от фактического. Были пересмотрены принципы выделения площади по степени предпочтения местообитаний. Упрощённый подход и недооценка природной обстановки неизбежно ведёт к искажению результатов. Важно, что все происходит при сокращении численности горного козла, причины которого не ясны. Из биологии вида очевидно, что стратегией выживания горного козла является высокая плодовитость, компенсирующая массовые потери численности от воздействия краткосрочных депрессивных экстремумов, хищничества, браконьерства. Рождаемость ягнят достаточно высокая, но восстановления численности не наблюдается. Напротив, наблюдается снижение численности горного козла – стабильное на протяжении длительного времени, пожалуй, не связанное с экстремумами.

Группировки на краю ареала обитают в практически несвойственных и с большим дефицитом свойственных козерогу местообитаниях. Ведущее значение в данных условиях имеют рефугиумы, выполняющие функцию сосредоточения численного потенциала и доноров на окружающие территории. Угасание рефугиумов вследствие экспансии древесно-кустарниковой растительности оказывается весьма чувствительным для восточно-саянской популяции. Сокращение площади местообитаний за длительный период непрерывно накапливает масштабное негативное давление на популяцию и приводит к непрямым, но существенным потерям особей. В связи с этим, прогноз развития событий неутешителен: фрагментация ареала и сокращение численности горного козла продолжится.

В 2004 году Службой по охране и использованию животного мира (охотнадзор) по Иркутской области выполнен авиаучёт на рассматриваемой территории, получены данные по козерогу [19]. Д.Г. Медведев проводил работы в бассейне Уды в Тофаларии [14, 15].

Ареал козерога поделён на участки его территориальных группировок.

На рисунке 1 показана схема пространственной структуры ареала разбивкой на сегменты территориальных группировок козерога: 1,2,3 – удинская; 4,6,7,8 – окинско-кропоткинская; 5,9,10 – додот-тиссинская; 11,12 – сурхой-сархойская; 13,14 – мунку-сардыкская; 15,16 – тункинская; 17,18,19 – китойская. Итого объединённых 7 группировок.

Сегменты увязаны в группировки по орографическому признаку: объединяющему – хребты, как экологические коридоры взаимообмена особей; разъединяющему – долины крупных водотоков, препятствующие взаимообмену. Обособление группировок не является их изоляцией, за исключением, вероятно, удинской.

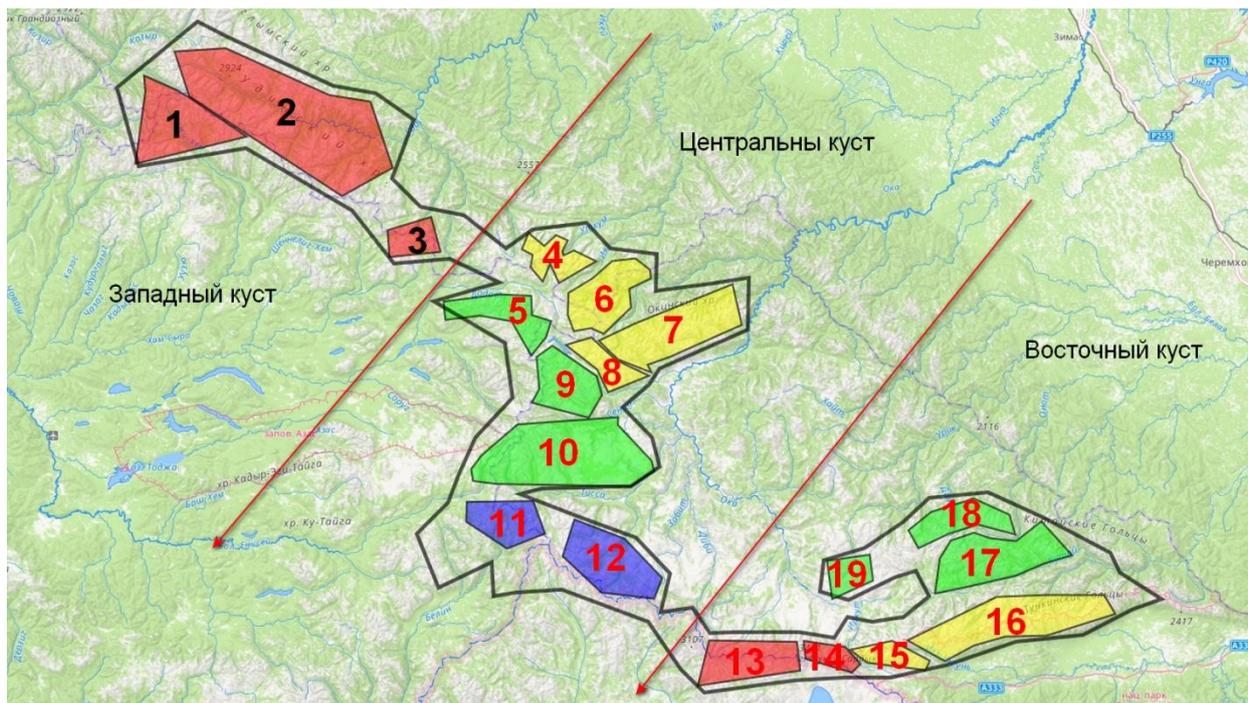


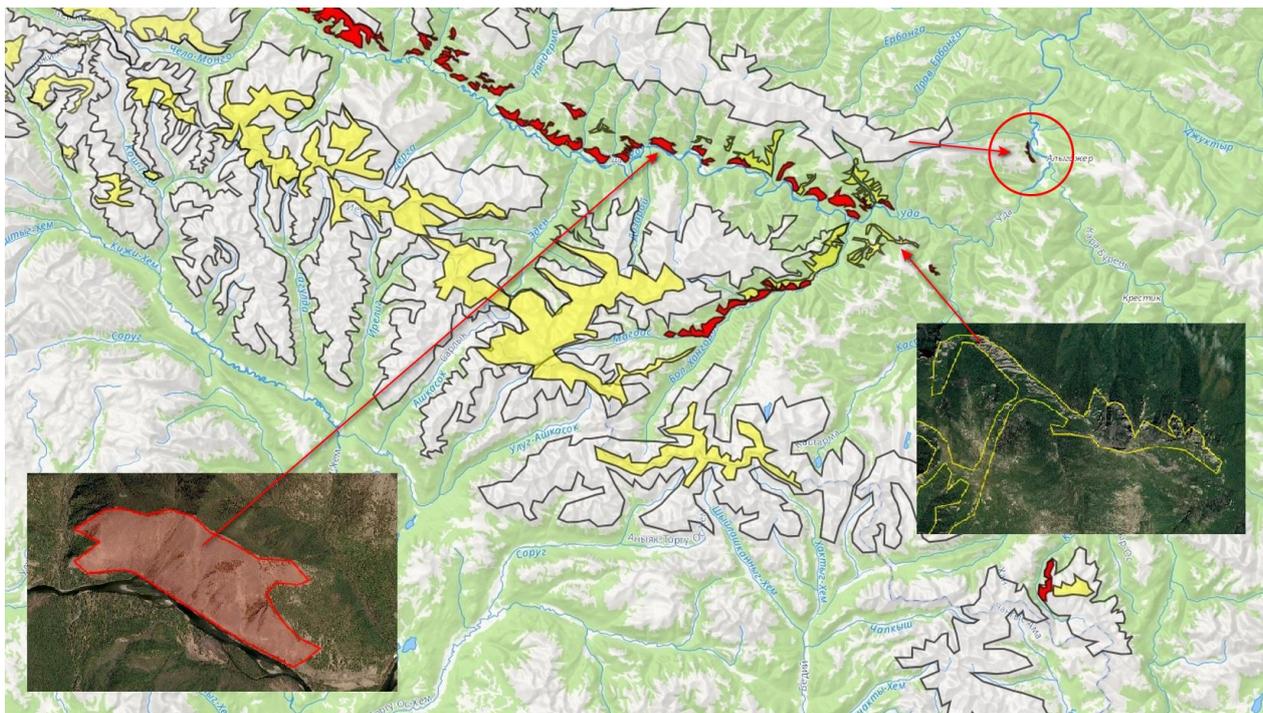
Рисунок 1 – Схема пространственной структуры популяции сибирского горного козла в ареале (общий контур) по Восточному Саяну, сегменты: 1) Кизи-Хем, 2) Удинский, 3) Кадыр-Ос, 4) Утхум-Ийский, 5) Додотский, 6) Окинский, 7) Кропоткинский, 8) Левобережье Жом-Болока, 9) Долина Вулканов, 10) Пик Топографов, 11) Сурхойский, 12) Сархойский, 13) Хорё-Буту-Гольский, 14) Мунко-Саридак, 15) Левобережье Иркуты, 16) Тункинский, 17) Китойский, 18) Онотский, 19) Урикский

Figure 1 – Scheme of the spatial structure of the Siberian ibex population in the range (general contour) along the Eastern Sayan, segments: 1) Kizhi-Khem, 2) Udinsky, 3) Kadyr-Os, 4) Utkhum-Iysky, 5) Dodotsky, 6) Okinsky, 7) Kropotkinsky, 8) Left bank of Zhom-Bolok, 9) Valley of Volcanoes, 10) Topographers Peak, 11) Surkhoi, 12) Sarkhoi, 13) Khoryo-Butu-Golsky, 14) Munko-Saridak, 15) Left Bank of Irkut, 16) Tunkinsky, 17) Kitoysky, 18) Onotsky, 19) Uriksky

Существует явный разрыв местообитаний по российской территории между сурхой-сархойской и мунко-сардыкской группировками, но разрыв с таковыми монгольской стороны не очевиден. В этой связи группировки на российской стороне собраны в кусты (разветвления, сохраняющие единое начало): западный, центральный и восточный.

Становится ясным, что без обоснованной арены экстраполяции, особенно в условиях узколокального размещения козерога в Тофаларии, качественно интерпретировать данные было весьма проблематично. Ландшафтно-видовая инвентаризация местообитаний охотничьих животных в Тофаларии [1] показывает, что для сибирского горного козла большую площадь занимают несвойственные местообитания – 71.8%. Этот вид обитает лишь в гольцовых и подгольцовых угодьях. Площадь хороших, удовлетворительных местообитаний в Тофаларии составляет 161.6 и 594.8 (суммарно 756.4) кв. км, или 5.2 и 19.0, соответственно, в процентном выражении. Отметим, что выделена вся

потенциально возможная зона обитания, из которой необходимо исключить не населённые видом участки по результатам полевых материалов для соответствующей коррекции. Таким образом, можно понять, что козорогов в Тофаларии, ввиду узколокального размещения, много быть не может в принципе. Такая ситуация вынуждает искать новые возможности. На рисунке 2 представлен фрагмент космического снимка с ландшафтно-видовой оценкой местообитаний сибирского горного козла.



**Рисунок 2 – Фрагмент структуры местообитаний удинской группировки.** Прозрачные выделы – зона гольцов выше леса и нижних частей обезлесенных пойменных плоских поверхностей – как континуальной границы потенциального распространения, преимущественно не свойственные виду угодя. Жёлтые – редко, сезонно или фрагментарно используемые. Красные – основные концентрации горных козлов (местообитания горных степей или их экотон). Также показаны стрелкой участки локальных зимовок, удалённых от основного обитания, что демонстрирует высокую подвижность и способность адаптироваться к условиям, осваивать большую территорию

**Figure 2 – A fragment of the habitat structure of the Udinsky group.** Transparent outcrops – a zone of loaches above the forest and the lower parts of deforested floodplain flat surfaces – as a continuous boundary of potential distribution, mostly land not peculiar to the species. Yellow – rarely, seasonally or fragmentarily used. Red – the main concentrations of mountain goats (habitats of mountain steppes or their ecotone). The arrow also shows areas of local wintering grounds remote from the main habitat, which demonstrates high mobility and the ability to adapt to conditions, to develop a large territory

Зона леса большей частью не свойственна для горного козла, однако переходный природный комплекс (экотон) от степи малоснежен и сохраняет кормовые свойства. При дефиците оптимальных местообитаний это вынуждает

козерога заходить и обитать среди разреженных деревьев или даже в лесу. Однако здесь обязательны скальные массивы. Такие места различимы на снимках, но главную трудность оценки экотона представляет фактически занимаемое горным козлом пространство, что дистанционно выяснить невозможно, необходимы точные сведения или натурное обследование.

Выше границы леса подавляющее распространение получили альпинотипные луга и горные тундры. Нивальный пояс с выраженной эрозией за счёт денудации очень беден по кормовым свойствам, а в снежный период он подвержен наибольшему снегонакоплению. Поэтому зимой его горные козлы избегают. Они физически не могут там обитать. Летом же нивальный пояс используется редко. Несколько бóльшую ценность представляют скальные осыпные склоны хотя бы с фрагментарным растительным покровом, где козлы уже могут кормиться, а зимой оттаиваться на выдувах. В многоснежных районах такие участки невелики и крайне фрагментированны, а доля их от общей территории незначительна.

Тундры занимают подавляющую часть гольцовых поверхностей, однако не являются оптимальными местообитаниями. Более того, Восточный Саян во многом покрыт россыпями с каменистыми тундрами, которые не имеют ни кормовой, ни защитной ценности для козерога и это важно учитывать. На мохово-лишайниковых тундрах горный козёл находит пищу, поскольку они разбавлены лужайками трав в разных сочетаниях. По спутниковым снимкам и с дистанции они визуально сходны с остепнёнными участками, но имеют различия по условиям формирования: тундры – в холодном гумидном, степи – в аридном климате, что применимо для их разделения.

Довольно любопытно, что альпинотипные (горные) луга, расположенные ниже тундр и над лесом, козлы также не стремятся использовать. Дело в том, что горный луг – результат гумидного, но умеренно тёплого климата, чем принципиально отличается от степи. Типичные участки с лугово-степной растительностью, необходимые для горного козла, выше леса представлены далеко не везде и то лишь фрагментами. Яркий тому пример удинская группировка (рис. 2).

В результате текущих изменений климата, которые зафиксированы с 80-х годов XX века, в горах юга Сибири было зарегистрировано выраженное продвижение верхней границы леса [17]. При том, по этим данным, на фоне потепления климата наибольшее, опережающее миграцию деревьев, продвижение по градиенту высоты и увеличение проективного покрытия наблюдаются у кустарников (*Betula* sp., *Salix* sp.), за ними следуют древесные породы (лиственница, кедр и пихта). В зонах достаточного увлажнения (высокогорья) потепление способствует миграции древесных растений в горную лесотундру. При дальнейшем прогнозируемом возрастании температуры следует ожидать расширение их ареалов в зонах высокогорий с достаточным увлажнением. Средняя скорость продвижения по градиенту

высоты с 1989 по 2018 г. для участка исследования в Восточном Саяне составляет около 0,6 м/год [2].

Несмотря на все сложности, результаты расчётов по указанным сценариям представлены в таблице.

Таблица – Результаты расчётов численности по разным сценариям

Table – Results of population calculations for different scenarios

Сценарий	Площадь арены экстраполяции (тыс. га)	Численность козерога (особей)
1)экстраполяция средней плотности населения на всю площадь высокогорий	3703.2	9258
2)экстраполяция средней плотности населения в пределах выявленного ограниченного контура ареала;	1234.4	3086
3)экстраполяция средней плотности населения на площадь оптимальных и субоптимальных местообитаний в пределах выявленного ограниченного контура ареала	488.8	1222
4)экстраполяция средней плотности населения на площадь оптимальных местообитаний в пределах ограниченного контура ареала;	85.2	213
5)экстраполяция средней плотности населения при условии использования видом половины площади оптимальных местообитаний.	42.6	106

Судя по данным таблицы, нельзя не согласиться, что первый сценарий даёт чрезвычайно завышенные результаты, второй – завышенные; четвёртый и пятый - заниженные, притом пятый - чрезвычайно. Говоря о последних двух, результат даже меньше объёма выборки. Притом, несколько меньший объёма выборки результат четвертого сценария вполне объясним долей особей в выборке, учтённых в субоптимальных местообитаниях. Результаты расчётов по пятому варианту могут служить прогнозными: для непредвиденного сокращения численности, малосвязанного с местообитаниями. Наиболее близкие к реальной численности на год учёта даёт третий сценарий экстраполяции.

**Заключение.** Изменения климата в условиях Восточного Саяна способствуют зарастанию биотопов степей и тундр кустарниково-древесной растительностью, что означает интенсивное сокращение площади не только наиболее ценных для горного козла местообитаний – горных степей, но даже гораздо менее значимых – горных тундр. Фактически горный козёл постепенно лишается своих местообитаний по кормовым свойствам. Участки горной степи,

по-видимому, в прошлом имеющие более обширное распространение, в настоящее время сохранились в Восточном Саяне лишь небольшими фрагментами. Поэтому значение их в существовании горного козла исключительно велико, поскольку они выполняют роль рефугиумов и аккумулируют в себе основное население горного козла будь то отдельно взятой группировки или популяции в целом. Заращение рефугиумов является главной причиной многолетней устойчивой тенденции фрагментации ареала и сокращения численности горного козла в Восточном Саяне – эта гипотеза не находит у нас логических противоречий. Однако сразу же возникает вопрос на перспективу. Интерпретация данного прогноза по отношению к сибирскому горному козлу означает следующее: фрагментация ареала и сокращение численности продолжится. Важно отметить, что заращение коснётся сформированных почв, поэтому каменные россыпи и скалы не покроются лесом и кустарниками, следовательно, изменения так и будут происходить незаметно для непосвящённого наблюдателя. В этом опасность игнорирования выявленных процессов. В ближайшие десятилетия могут целиком исчезнуть отдельные группировки, в первую очередь, в многоснежных районах – западной части популяции. За предстоящий вековой период, при сохранении выявленных тенденций, ожидается существенное угнетение горного козла в Восточном Саяне. Наиболее близкую к современному состоянию численность даёт сценарий с экстраполяцией средней плотности населения на площадь оптимальных и субоптимальных местообитаний в пределах выявленного ограниченного контура ареала.

#### Список литературы

1. Богданов, А.С. Ландшафтно-видовая инвентаризация местообитаний охотничьих животных Тофаларии (Иркутская область, Россия) / А.С. Богданов, Д.Ф. Леонтьев, Ю.Е. Вашукевич // Вестник ИрГСХА. – 2013. - Вып. 56. - С. 12-15.
2. Голуков, А.С. Пространственно-временная динамика верхней границы леса в горах Южной Сибири / А.С. Голуков, А.С. Шушпанов, И.А. Петров // Проблемы изучения растительного покрова Сибири// Труды VII Междунар. науч. конф., посвящ. 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского ГУ и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова (Томск, 28–30 сентября 2020 г.) // Томск: Изд. ТГУ, 2020. - С. 38 - 40.
3. Истомов, С.В. Современная динамика верхней границы леса в горах Западного Саяна /С.В. Истомов// Актуальные вопросы изучения и охраны растительного мира// Труды Тигирекского заповедника, 2005. - С. 211–214
4. Карнаухова, А.С. Современное состояние восточно-саянской группировки ирбиса (*Pantera uncia*) и его кормовой базы / А.С. Карнаухова, С.В. Малых [и др.] // Зоол. журн. - 2018. - Т. 97. - №6. – С. 735-745.
5. Красная книга Иркутской области /Ред. С.М. Трофимова – Улан-Удэ: Изд-во ПАО “Республиканская типография”, 2020. – 552 с.
6. Красная книга Российской Федерации (животные) / Гл. ред. В.И. Данилов-Данильян и др. — М.: АСТ: Астрель, 2001. — 862 с. — ISBN 5-17-005792-X, 5-271-00651-4.
7. Красная книга Республики Бурятия: Редкие и исчезающие виды животных //Улан-Удэ “Информполис”, 2005. — 328 с. ISBN 5-91121-001-0.

8. Красная книга Красноярского края: В 2 т. Т.1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных /Гл. ред. А.П. Савченко (общая редакция// Красноярск: СФУ, 2012. – 205 с.
9. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта// М.: ГУГК при Совмине СССР, 1977. - 4 л.
10. Леонтьев, Д. Ф. Ландшафтно-видовая концепция охотничьей таксации/ Д.Ф. Леонтьев - Иркутск: ИрГСХА, 2003. - 283 с.
7. Леонтьев, Д. Ф. Ландшафтно-видовая инвентаризация местообитаний сибирского горного козла (*Capra sibirica* Pallas, 1776) верховий реки Уда (Иркутская область) / Д.Ф.Леонтьев, А.Р.Чусов // Теория и практика современной аграрной науки // Матер. V национальной (всеросс.) науч. конф. с междунар.м участием // Новосибирск: НГАУ, 2022. С. 355-357.
8. Малых, С.В. Сибирский горный козёл Тункинских Гольцов / С.В. Малых, Д.Г. Медведев // Матер. регион. науч.-практ. конф. // Иркутск: ИрГАУ. 2001. - Ч. 2. - С. 58-59.
9. Малых, С. В. Сибирский горный козёл (*Capra sibirica* Pallas, 1776) в Бурятии / С. В. Малых, А. С. Карнаухова // Териофауна России и сопредельных территорий // Междунар. сов. (X Съезд Териологического об-ва РАН) // М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2016. – С. 487.
10. Медведев, Д.Г. Учет сибирского горного козла в Тофаларии (Восточный Саян) / Д. Г. Медведев // Млекопитающие горных территорий// Матер.междунар. конф. // М.: Изд-во КМК, 2007. - С. 209–212.
11. Медведев, Д.Г. К исследованию и совершенствованию методов учета горных животных/ Д. Г. Медведев // Байкальский зоол. журн. – 2009. - № 3. – С. 5-8.
12. Опрышко, И.А. Ареал и численность сибирского горного козла в восточной части Восточного Саяна / И.А. Опрышко // Проблемы охотоведения и охраны природы: Тезисы докладов// Иркутск: ИСХИ, 1975. – С. 130-131.
13. Петров, И.А. Динамика древесно-кустарниковой растительности в горной лесотундре Восточного Саяна / И.А. Петров, А.С. Шушпанов, А.С. Голуков, М.Л. Двинская, В. И. Харук // Экология. – 2021. - № 5. - С. – 372–379.
14. Федосеенко, А.К. Сибирский горный козел в Западном Саяне / А.К. Федосеенко, П.И. Вейнберг, Н.И. Скуратов // Охрана и изучение редких и исчезающих видов животных в заповедниках // М.: Изд-во ГУ “Центрохотконтроль”, 1992. – С. 29–44.
15. Яковлев, Ю.В. Оценка численности диких копытных животных в Иркутской области на основании авиаучета / Ю.В. Яковлев, М.Ю. Яковлев, А.М. Каянкин, А.Г. Кузнецов, П.И. Жовтук // Охрана и рациональное использование животн. и растит. ресурсов //Матер. научно-практ. конф.// Иркутск: ИрГСХА, 2005. – С.384-390.

### References

1. Bogdanov, A.S. et al. Landshaftno-vidovaja inventarizacija mestoobitanij ohotnich'ih zhyvotnyh Tofalarii (Irkutskaja oblast', Rossija) [Landscape and species inventory of the habitats of hunting animals of Tofalaria (Irkutsk region, Russia)]. Vestnik IrGSHA, 2013, no. 56, pp. 12-15.
2. Golyukov, A.S. et al. Prostranstvenno-vremennaja dinamika verhnjej granicy lesa v gorah Juzhnoj Sibiri [Spatial and temporal dynamics of the upper forest boundary in the mountains of Southern Siberia]. Tomsk: TSU Publishing House, 2020, pp. 38-40.
3. Istomov S.V. Sovremennaja dinamika verhnjej granicy lesa v gorah Zapadnogo Sajana [Modern dynamics of the upper forest boundary in the Western Sayan Mountains]. Trudy Tigireksskogo zapovednika, 2005, pp. 211-214
4. Karnaukhov, A.S. et al. Sovremennoe sostojanie vostochno-sajanskoj gruppirovki irbisa (*Panthera uncia*) i ego kormovoj bazy [The current state of the East Sayan group of the snow leopard (*Panthera uncia*) and its food supply]. Zoological Journal, 2018, vol. 97, no.6, pp. 735-745.

5. Krasnaja kniga Irkutskoj oblasti [Red Book of the Irkutsk Region]. Ulan-Udje: Izd-vo PAO “Respublikanskaja tipografija”, 2020, 552 p.
6. Krasnaja kniga Rossijskoj Federacii (zhivotnye) [Red Book of the Russian Federation (animals)]. Moscow: AST: Astrel', 2001, 862 p. ISBN 5-17-005792-X, 5-271-00651-4.
7. Krasnaja kniga Respubliki Burjatija: Redkie i ischezajushhie vidy zhivotnyh [Red Book of the Republic of Buryatia: Rare and endangered animal species]. Ulan-Udje “Informpolis”, 2005, 328 p. ISBN 5-91121-001-0.
8. Krasnaja kniga Krasnojarskogo kraja: V 2. Redkie i nahodjashiesja pod ugrozoi ischeznovenija vidy zhivotnyh [Red Book of the Krasnoyarsk Krai: Rare and endangered species of animals]. Krasnojarsk: SFU, 2012, vol. 1, 205 p.
9. Landshafty juga Vostochnoj Sibiri. Karta [Landscapes of the south of Eastern Siberia. Map: GUGK under the Council of Ministers of the USSR]. Moscow, 1977, 4 p.
10. Leontiev, D.F. Landshaftno-vidovaja koncepcija ohotnich'ej taksacii [Landscape and species concept of hunting taxation]. Irkutsk: IrGSHA, 2003, 283 p.
11. Leontiev, D.F., Chusov, A.R. Landshaftno-vidovaja inventarizacija mestoobitanij sibirskogo gornogo kozla (*Capra sibirica* Pallas, 1776) verhovij reki Uda (Irkutskaja oblast') [Landscape and species inventory of the habitats of the Siberian mountain goat (*Capra sibirica* Pallas, 1776) of the upper reaches of the Uda River (Irkutsk region)]. Novosibirsk. 2022, pp. 355-357.
12. Malykh, S.V., Medvedev, D.G. Sibirskij gornyj kozjol Tunkinskih Gol'cov [Siberian mountain goat of the Tunka Loaches]. Irkutsk: ISHI, 2001, no. 2, pp. 58-59.
13. Malykh, S.V., Karnaukhov, A.S. Sibirskij gornyj kozel (*Capra sibirica* Pallas, 1776) v Burjatii [Siberian mountain goat (*Capra sibirica* Pallas, 1776) in Buryatia]. Moscow: Publishing House KMK, 2016, p. 487.
14. Medvedev, D.G. Uchet sibirskogo gornogo kozla v Tofalarii (Vostochnyj Sajan) [Accounting of the Siberian mountain goat in Tofalaria (Eastern Sayan)]. Moscow: Publishing House of the KMK, 2007, pp. 209-212.
15. Medvedev, D.G. Kissledovaniju i sovershenstvovaniju metodov ucheta gornyh zhivotnyh [To research and improve methods of accounting for mountain animals]. Baikal Zoological Journal, 2009, no. 3, pp. 5-8.
16. Opryshko, I.A. Areal i chislennost' sibirskogo gornogo kozla v vostochnoj chasti Vostochnogo Sajana [The range and abundance of the Siberian mountain goat in the eastern part of the Eastern Sayan]. Irkutsk: ISKHI, 1975, pp. 130-131.
17. Petrov, I.A. et al. Dinamika drevesno-kustarnikovej rastitel'nosti v gornoj lesotundre Vostochnogo Sajana [Dynamics of tree and shrub vegetation in the mountainous forest tundra of the Eastern Sayan]. Ecology, 2021, no. 5, pp. 372-379.
18. Fedoseenko, A.K. et al. Sibirskij gornyj kozel v Zapadnom Sajane [Siberian mountain goat in the Western Sayan]. Moscow: Publishing House of the State Institution “Tsentrhotcontrol”, 1992, pp. 29-44.
19. Yakovlev, Yu.V. et al. Ocenka chislennosti dikih kopytnyh zhivotnyh v Irkutskoj oblasti na osnovanii aviaucheta [Estimation of the number of wild ungulates in Irkutsk region based on air accounting]. Irkutsk, 2005, pp.384-390.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования приняли непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данной публикации. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложенные в статье материал.**

**Author Contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 10.07.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 18.10.24

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.24

### **Сведения об авторах**

Леонтьев Дмитрий Федорович - доктор биологических наук, профессор кафедры Технологии в охотничьем и лесном хозяйстве Института управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований – экология охотничьих животных, охотничье и лесное хозяйство. Автор более 400 научных и учебно-методических работ.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Институт управления природными ресурсами – факультет охотоведения им. В.Н. Скалона. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, e-mail: ldf@list.ru, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-3287-0257>.

Малых Сергей Валерьевич – инженер лаборатории поведения и поведенческой экологии млекопитающих Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова. Область исследований – млекопитающие горных экосистем.

**Контактная информация:** НИИ “Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН”. 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, e-mail: pik3164@mail.ru.

Чусов Артём Русланович – аспирант. Область исследования – экология охотничьих животных. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Институт управления природными ресурсами – факультет охотоведения им. В.Н. Скалона. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, e-mail: art.chusov@yandex.ru.

### **Information about authors**

Dmitry F. Leontiev - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department Technologies in hunting and forestry of the Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - ecology of game animals, hunting and forestry. Author of more than 400 scientific and educational works.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: ldf@list.ru, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-3287-0257>.

Sergey V. Malykh – engineer of the laboratory of behavior and behavioral ecology of mammals of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution. Research area - mammals of mountain ecosystems.

**Contact information:** A.N. Severtsov Institute for Problems of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences. 33 Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia, e-mail: pik3164@mail.ru.

Artem R. Chusov – postgraduate student. Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - ecology of game animals.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail:art.chusov@yandex.ru.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-122-133

УДК 636.52.088.3

Научная статья

## СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДУКТИВНОСТИ И ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ У МЯСНОЙ ПТИЦЫ ПРИ НАРУШЕНИИ ЭКОЛОГИИ КОРМЛЕНИЯ

<sup>1</sup>З.З. Туаева, <sup>1</sup>Ф.Н. Цогоева, <sup>1</sup>И.И. Кцоева, <sup>2</sup>В.С. Гаппоева, <sup>3</sup>И.Э. Солдатов

<sup>1</sup>Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ, РСО – Алания, Россия

<sup>2</sup>Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, Владикавказ, РСО – Алания, Россия

<sup>3</sup>Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказский научный центр РАН, Владикавказ, Россия

**Аннотация.** В последние годы в практике кормления мясной птицы достигнуты серьезные успехи по снижению риска микотоксикозов, в том числе и Т-2 токсикоза, путем рационального применения в рационах биологически активных добавок, прежде всего, антиоксидантов и мультиэнзимных композиций. Проведено изучение воздействия добавок витамина Е 50 и МЭК Агроксил в состав полнорационных комбикормов (на основе зерна кукурузы, овса и рапсового шрота) цыплят-бройлеров при наличии в них толерантной дозировки Т-2 токсина на хозяйственно-полезные качества и процессы пищеварительного обмена. Установлено, что лучшее воздействие на основные зоотехнические качества (сохранность поголовья, конверсия корма, полученный прирост массы тела) у бройлеров за счет лучшего уровня детоксикации Т-2 токсина оказали совместные добавки витамина Е 50 из расчета 100 г/т и МЭК Агроксил из расчета 50 г/т корма. Бройлеры IV-опытной группы, получавшие смесь витамина Е 50 и МЭК Агроксил, имели относительно контрольных аналогов достоверно ( $P < 0.05$ ) выше коэффициенты переваримости сухого вещества на 3.37%, органического вещества – на 3.30%, сырого протеина – на 3.47%, сырой клетчатки – на 3.05% и БЭВ – на 4.72%. Установлено, что в учетный период физиологического обменного опыта бройлеры IV-опытной группы за сутки откладывали в организме достоверно ( $P < 0.05$ ) больше азота, кальция и фосфора и использовали эти элементы от принятого с кормами количества лучше, чем в контроле.

**Ключевые слова:** бройлеры, Т-2 токсин, витамин Е, ферментный препарат, зоотехнические показатели, питательные вещества, переваримость и усвояемость.

**Для цитирования:** Туаева З.З., Цогоева Ф.Н., Кцоева И.И., Гаппоева В.С., Солдатов И.Э. Способ оптимизации продуктивности и процессов пищеварения у мясной птицы при нарушении экологии кормления. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2024; 6 (125): 122-133. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-122-133.

## METHOD FOR OPTIMIZING PRODUCTIVITY AND DIGESTIVE PROCESSES IN POULTRY MEAT IN VIOLATION OF THE FEEDING ECOLOGY

<sup>1</sup>Zalina Z. Tuaeva, <sup>1</sup>Fatima N. Tsogoeva, <sup>1</sup>Irina I. Ktsoeva, <sup>2</sup>Valentina S. Gappoeva, <sup>3</sup>Irina E. Soldatova

<sup>1</sup>Gorsk State Agrarian University, Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia

<sup>2</sup>North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov, Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia

<sup>3</sup>The North Caucasian Institute of Scientifically Research of Mountain and Foothill Horticulture"  
Vladikavkaz Scientific Center of RAS, Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia

**Abstract.** In recent years, significant progress has been made in the practice of feeding poultry to reduce the risk of mycotoxicosis, including T-2 toxicosis, through the rational use of biologically active additives in diets, primarily antioxidants and multienzyme compositions. The aim of the research is to study the effect of adding vitamin E 50 and MEK Agroxil to complete feeds (based on corn, oats and rapeseed meal) for broiler chickens in the presence of a tolerable dose of T-2 toxin on the economically beneficial qualities and processes of digestive metabolism. It was established that the best effect on the main zootechnical qualities (livestock survival, feed conversion, and body weight gain) in broilers due to the best level of T-2 toxin detoxification was provided by combined supplements of vitamin E 50 at a rate of 100 g/t and MEK Agroxil at a rate of 50 g/t of feed. Broilers of the IV experimental group, which received a mixture of vitamin E 50 and MEK Agroxil, had, relative to the control analogues, significantly ( $P<0.05$ ) higher coefficients of digestibility of dry matter by 3.37%, organic matter by 3.30%, crude protein by 3.47%, crude fiber by 3.05% and NFE by 4.72%. It was found that during the accounting period of the physiological exchange experience, broilers of the IV experimental group deposited significantly ( $P<0.05$ ) more nitrogen, calcium and phosphorus in the body per day and used these elements from the amount taken with feed better than in the control.

**Keywords:** бройлеры, T-2 toxin, vitamin E, enzyme preparation, zootechnical indicators, nutrients, digestibility.

**For citation:** Tuaeva Z. Z., Tsogoeva F.N., Ktsoeva I.I., Gappoeva V.S., Soldatova I.E. Method for optimizing productivity and digestive processes in poultry meat in violation of the feeding ecology. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 122-133. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-122-133.

**Введение.** За последние годы в стране успешно решается проблема импортозамещения мяса птицы. Параллельно с ростом генетического потенциала птицы, нарастанию производства мяса бройлеров в значительной мере способствует укрепление кормовой базы. При этом для снижения себестоимости комбикормов в их рецептуре широко применяются местные зерновые и протеиновые ингредиенты. Однако из-за высокой влажности окружающей среды в РСО – Алания при не соблюдении условий хранения указанных ингредиентов птичьего рациона контаминируются различными видами плесневых грибов. Последние активно загрязняют кормовые средства плесневыми ядами – микотоксинами, которые оказывают угнетающее действие

на функции пищеварительной системы и скорость роста цыплят-бройлеров [10, 2, 8, 4].

Из широкого перечня плесневых ядов для организма мясной птицы крайне серьезную опасность из-за высокой токсичности представляет продуцент грибков рода *Fusarium sporotrichioides* Т-2 токсин (также именуемый “Жёлтым дождем”). Он входит в группу трихоцетеновых микотоксинов. При высокой концентрации данного микотоксина в составе скармливаемых полнорационных комбикормов у мясной птицы проявляются многообразные симптомы язвенных поражений лёгких и желудка (ЖКТ) [1, 9, 14, 12].

В последние годы в практике кормления мясной птицы достигнуты серьезные успехи по снижению риска микотоксикозов, в т. ч. и Т-2 Т-2 токсина, путем рационального применения в рационах биологически активных добавок (БАД), прежде всего, антиоксидантов и мультиэнзимных композиций (МЭК). Путем грамотного подбора этих кормовых добавок, обладающих синергизмом детоксикационного действия, удастся оптимизировать обменные процессы и увеличить мясную продуктивность цыплят-бройлеров [3, 13, 11, 7].

**Цель** – изучение воздействия добавок витамина Е 50 и МЭК “Агроксил” в составе полнорационных комбикормов (на основе зерна кукурузы, овса и рапсового шрота) цыплят-бройлеров при наличии в них толерантной дозировки Т-2 токсина на хозяйственно-полезные качества и процессы пищеварительного обмена.

**Материал и методика.** При решении поставленной цели провели в условиях КФХ “Батраз” (РСО – Алания) научно-производственный эксперимент. В ходе его проведения в качестве объектов исследований выступили цыплята-бройлеры скороспелого кросса “КОББ-500”. Продолжительность проведенного опыта составила 42 суток. В ходе этого эксперимента нами были сформированы 4 группы по 100 голов в каждой из птицы суточного возраста по принципу групп-аналогов. Согласно приведенной ниже схеме опыта (таблица 1), осуществлялось кормление подопытной птицы.

Таблица 1 – Схема кормления бройлеров в ходе научно-производственного опыта, n=100

Table 1 – The scheme of feeding broilers during scientific and production experience, n=100

Группа	Стандартный комбикорм с толерантным уровнем Т-2 токсина (СК)	Добавки препаратов, г/т корма	
		витамин Е 50	Агроксил
Группа I - контрольная	СК	-	-
Группа II - опытная	СК	100	-
Группа III - опытная	СК	-	50
Группа IV - опытная	СК	100	50

При выращивании цыплят применялись типовые полнорационные комбикорма. Их основу составляли зерно кукурузы, овса и рапсовый шрот,

которые были контаминированы Т-2 токсином. Благодаря смешиванию этих ингредиентов с остальными благополучными по Т-2 токсину компонентами с помощью дозаторов добились присутствия в комбикормах толерантного уровня этого микотоксина – не более 0,1 мг/кг (согласно требованиям ГОСТ Р 51899-2002 [5]).

На протяжении эксперимента определяли данные по сохранности поголовья (подсчетом ежедневно павших цыплят), приросты бройлеров (весовым методом в неделю раз) и оплату корма продукцией.

На фоне проведенного эксперимента на цыплятах из подопытных групп в возрасте 35 дней выполнен был физиологический опыт по общепринятой методике [6], для чего из каждой группы отбирались по 5 голов. По полученным результатам химического анализа образцов кормов, их остатков и помета мясной птицы определили уровень переваривания и усвоения питательных веществ апробируемых рационов.

Полученный опытный (цифровой) материал исследований был нами обработан биометрически по критерию Стьюдента.

**Результаты и их обсуждение.** При окончании проведенного опыта были определены основные хозяйственно-полезные показатели мясных цыплят (табл. 2).

Таблица 2 – Главные хозяйственно-полезные показатели у мясных цыплят, n = 100

Table 2 – The main economically useful indicators in meat chickens, n = 100

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Сохранность, %	91	94	94	96
Масса одной головы, г:				
- начало опыта	40.5±0.15	40.6±0.30	40.5±0.26	40.6±0.28
- конец опыта	2314.4±3.1	2517.7±3.6	2514.9±3.0	2595.7±4.7
Прирост массы тела, г:				
- валовой	2273.9±3.0	2477.1±3.4	2474.4±2.9	2555.1±2.3
- среднесуточный	54.14±0.26	58.97±0.32	58.91±0.33	60.83±0.23
В % к контролю	100.00	108.92	108.81	112.35
Расход комбикорма на 1 кг прироста, кг	2.01	1.86	1.87	1.80

По итогам научно-производственного опыта лучшее воздействие на хозяйственно-полезные показатели мясной птицы обеспечили совместные добавки в состав комбикормов витамина Е 50 из расчета 100 г/т и МЭК “Агроксил” из расчета 50 г/т корма. Птица лучшей IV-опытной группы по сравнению с контролем имела превосходство по сохранности поголовья на 5.0%, по приростам (валовому и среднесуточному) – на 12.35%. Разница статистически достоверна (P<0.05).

Благодаря более высокому детоксикационному действию при совместном скармливании испытуемых препаратов у птицы опытной 3 группы наблюдалась

лучшая оплата корма продукцией. Так бройлеры этой опытной группы по сравнению с контрольными аналогами на единицу прироста затратили комбикорма на 10.45% меньше.

В ходе обменного опыта по результатам химического анализа образцов задаваемых кормов, их остатков и помета подопытной птицы рассчитали коэффициенты переваримости питательных веществ их рациона (рисунок 1).

Установлено, что лучшие показатели расщепления питательных веществ птичьего комбикорма имели бройлеры IV-опытной группы, получавшие смесь витамина Е 50 и МЭК “Агроксил”, благодаря чему они против контрольных аналогов имели достоверно ( $P<0.05$ ) выше коэффициенты переваримости сухого вещества на 3.37%, органического вещества – на 3.30%, сырого протеина – на 3.47%, сырой клетчатки – на 3.05% и БЭВ – на 4.72%.

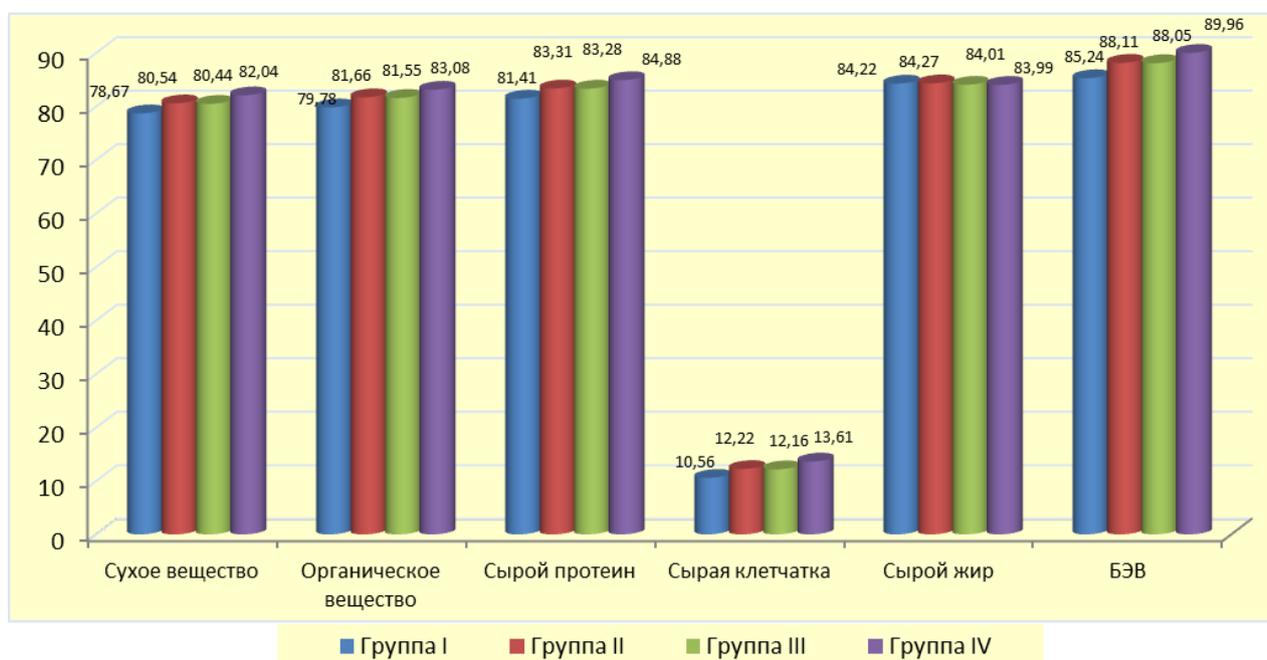


Рисунок 1 – Переваримость питательных веществ рациона цыплят-бройлеров, %

Figure 1 – The digestibility of nutrients in the diet of broiler chickens, %

В ходе физиологического эксперимента об уровне конверсии протеина кормов в белок мясной продукции судили по использованию азота рациона подопытными цыплятами-бройлерами (рис. 2). При проведении обменного эксперимента установлено, что совместное скормливание испытуемых препаратов оказало более благоприятное воздействие на метаболизм азотистых веществ, благодаря этому бройлеры IV-опытной группы за сутки откладывали в теле на 0.219 г или на 12,23% ( $P<0.05$ ) больше азота, чем в контроле.

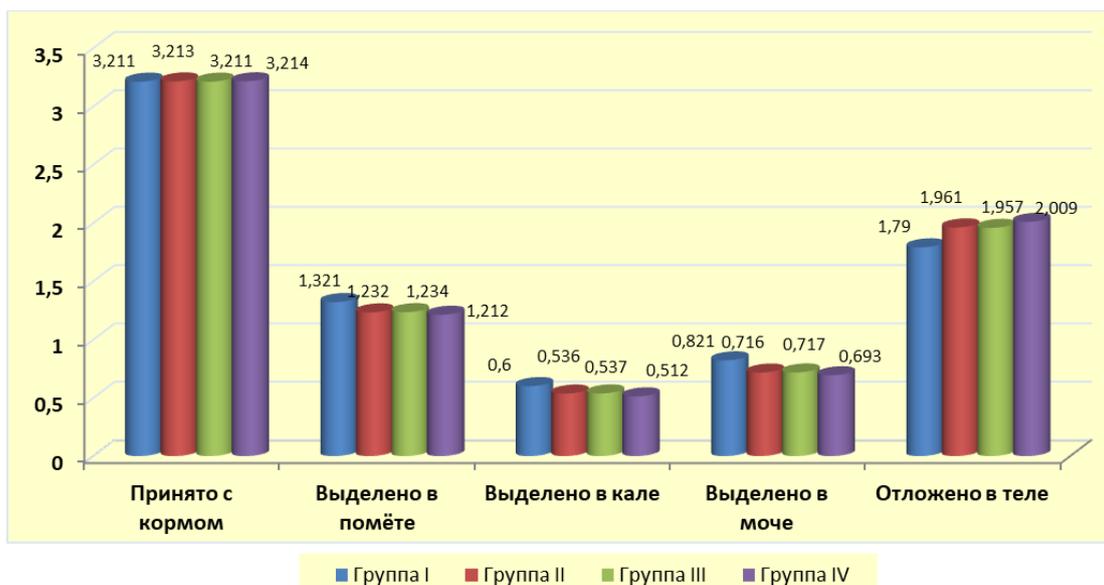


Рисунок 2 – Уровень усвояемости азота рациона подопытными цыплятами, г

Figure 2 – The level of nitrogen digestibility in the diet of experimental chickens, g

Наряду с этим, цыплята опытной 3 группы относительно контроля использовали принятый с кормом азот на 6.81% ( $P < 0.05$ ) лучше.

Одним из важнейших макроэлементов для строительства костной ткани у мясной птицы служит кальций. Исходя из этого, в ходе обменного эксперимента была рассчитана усвояемость кальция рациона подопытной птицей (рис. 3).

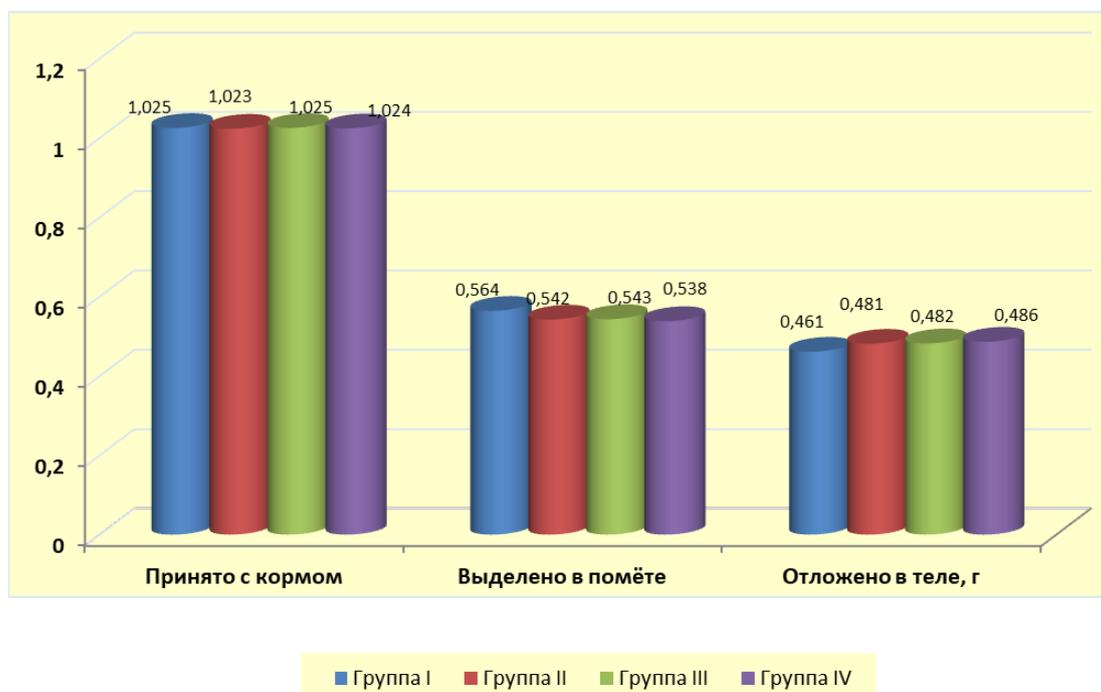


Рисунок 3 – Уровень усвояемости кальция рациона подопытными цыплятами, г

Figure 3 – The level of calcium digestibility in the diet of experimental chickens, g

Установлено, что в учетный период физиологического обменного опыта бройлеры IV-опытной группы за сутки откладывали в организме кальция на 0.025 г или на 5.42% ( $P<0.05$ ) больше и использовали его от принятого с кормами количества – на 2.49% ( $P<0.05$ ) лучше, чем в контроле.

Для установления влияния испытуемых препаратов на ретенцию фосфора у мясной птицы сравниваемых групп был изучен суточный баланс этого макроэлемента (рис. 4).

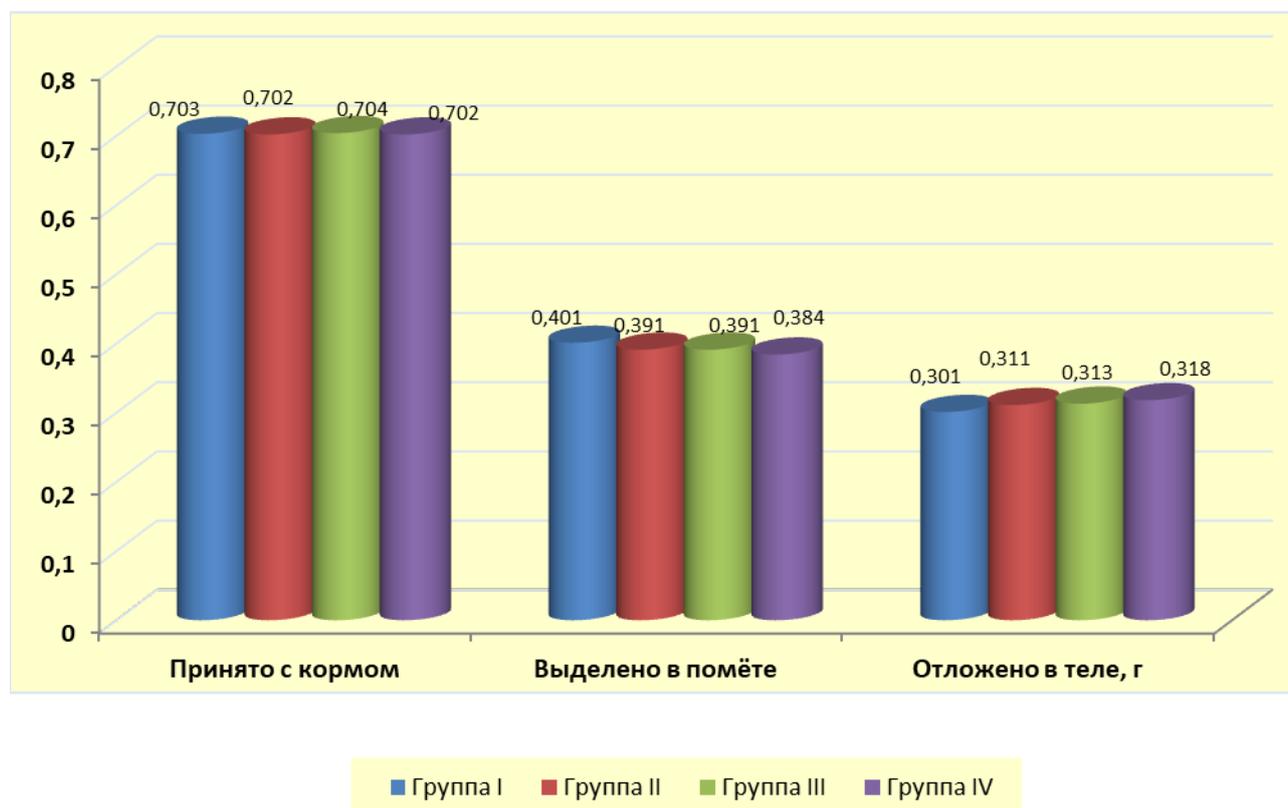


Рисунок 4 – Уровень усвояемости фосфора рациона подопытными цыплятами, г

Figure 4 – The level of phosphorus digestibility in the diet by experimental chickens, g

Установлено, что в учетный период физиологического обменного опыта бройлеры IV-опытной группы за сутки откладывали в организме фосфора на 0.07 г или на 5.65% ( $P<0.05$ ) больше и использовали его от принятого с кормами количества – на 2.48% ( $P<0.05$ ) лучше, чем в контроле.

**Заключение.** Установлено, что лучшее воздействие на основные зоотехнические качества (сохранность поголовья, конверсия корма, полученный прирост массы тела) у бройлеров за счет лучшего уровня детоксикации Т-2 токсина оказали совместные добавки витамина Е 50 из расчета 100 г/т и МЭК “Агроксил” из расчета 50 г/т корма. Бройлеры IV-опытной группы, получавшие смесь витамина Е 50 и МЭК “Агроксил”, имели относительно контрольных аналогов достоверно ( $P<0.05$ ) выше коэффициенты переваримости сухого вещества на 3.37%, органического вещества – на 3.30%,

сырого протеина – на 3.47%, сырой клетчатки – на 3.05% и БЭВ – на 4.72%. Установлено, что в учетный период физиологического обменного опыта бройлеры IV-опытной группы за сутки откладывали в организме достоверно ( $P<0.05$ ) больше азота, кальция и фосфора и использовали эти элементы от принятого с кормами количества лучше, чем в контроле.

### Список литературы

1. Баева, А.А. Применение биологически активных добавок в кормлении цыплят-бройлеров / А.А. Баева, А.А. Столбовская, М.Г. Кокаева, З.Г. Дзидзоева, Ю.С. Цебоева (Ю.С. Гусова), О.Ю. Леонтьева, Г.К. Кибизов // Труды Кубанского ГАУ. – 2008. – № 4(13). – С. 179-182.
2. Вороков, В.Х. Хозяйственно-биологические показатели бройлеров при скормливании пробиотика и антиоксидантов / В.Х. Вороков, А.А. Столбовская, А.А. Баева, Ю.С. Гусова // Труды Кубанского ГАУ. – 2011. – № 33. – С. 119-123.
3. Витюк, Л.А. Повышение переваримости и усвояемости питательных веществ рационов при риске афлатоксикоза / Л.А. Витюк, А.А. Баева, Л.М. Базаева, С.Ч. Савхалова, Р.В. Калагова // Изв. Горского ГАУ. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 104-107.
4. Гадзаонов, Р.Х. Использование антиоксиданта и ингибитора плесени в кормах для бройлеров / Р.Х. Гадзаонов, А.А. Столбовская, А.А. Баева, Г.К. Кибизов // Птицеводство. – 2009. – № 4. – С. 23-24.
5. Гильманов, М.К. Методы очистки и изучения ферментов растений / М.К. Гильманов – Алма-Ата: Наука, 1981. – С 31-34.
6. ГОСТ Р 51899-2002 “Комбикорма гранулированные”.
7. Каиров, А.В. Переваримость и усвояемость питательных веществ при включении в рационы мясной птицы биологически активных препаратов для детоксикации Т-2 токсина / А.В. Каиров, Р.Б. Темираев, М.Н. Мамукаев, И.И. Кцоева, М.К. Кожоков, С.Ф. Ламартон, Л.А. Витюк, Э.В. Беспланеев // Изв. Горского ГАУ. – 2019. – Т. 56. – №4. – С. 108-113.
8. Каиров, А.В. Повышение пищевой ценности мяса бройлеров и колбасы “Дорожная” / А.В. Каиров, Р.Б. Темираев, З.Т. Баева, Э.С. Дзодзиева, В.Г. Паючек, А.В.Туганов // Мясная индустрия. – 2020. – №7. – С. 10-13.
9. Каиров, А.В. Морфологический и биохимический состав крови бройлеров при включении в рационы антиоксиданта и фосфолипида при риске Т-2 токсина / А.В. Каиров, Р.Б. Темираев, А.А. Баева, И.И. Кцоева // Проблемы и перспективы повышения продуктивности и здоровья животных// Сб. науч.трудов XIV междунар. науч.-практ. конф.// Краснодар: Кубанский ГАУ, 2020. – С. 258-262.
10. Мамукаев, М.Н. Влияние разных доз антиоксиданта эпофен на переваримость и усвояемость питательных веществ рациона цыплят-бройлеров / М.Н. Мамукаев, А.А. Баева, Р.В. Осикина, Т.Н. Коков, Г.К. Василиади, А.В. Каиров // Изв. Горского ГАУ. – 2017. – Т. 54. – № 4. – С. 94-98.
11. Темираев, В.Х. Пути повышения эффективности местных кормовых средств для моногастричных животных / В.Х. Темираев, В.Р. Каиров, М.С. Газзаева // Изв. Горского ГАУ. – 2012. – Т. 49. – Ч. 4. – С. 99-110.
12. Темираев, В.Х. Действие антиоксиданта на хозяйственно-полезные признаки и активность пищеварительных энзимов цыплят-бройлеров / В.Х. Темираев, А.В. Каиров, Р.Х. Гадзаонов, А.А. Баева, Л.А. Витюк, М.К. Кожоков, Р.В. Осикина // Изв. Горского ГАУ. – 2018. – Т. 55. – № 4. – С. 106-110.
13. Темираев, Р.Б. Способ повышения диетических качеств мяса и улучшения метаболизма у цыплят-бройлеров в условиях техногенной зоны РСО – Алания / Р.Б.

Темираев, Ф.Ф. Кокаева, А.А. Баева, М.А. Хадикова, А.В. Абаев // Изв. Горского ГАУ. – 2012. – Т. 49. – Ч. 4. – С. 56-59.

14. Темираев, Р.Б. Морфологический и биохимический состав крови мясной птицы при применении в рационах биологически активных препаратов / Р.Б. Темираев, А.В. Каиров, Ф.Н. Цогоева, М.К. Кожоков, С.Ф. Ламартон, Е.А. Курбанова // Изв. Горского ГАУ. – 2019. – Т. 56. – № 1. – С. 91-97.

### References

1. Baeva, A.A. et all. Primenenie biologicheski aktivnyh dobavok v kormlenii cypljat-brojlerov [Use of biologically active additives in feeding broiler chickens]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2008, no. 4(13, pp. 179-182.

2. Vorokov, V.H.et all. Hozjajstvenno-biologicheskie pokazateli brojlerov pri skarmlivanii probiotika i antioksidantov [Economic and biological indicators of broilers when feeding probiotics and antioxidants]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2011, no. 33, pp. 119-123.

3. Vitjuk, L.A.et all. Povyshenie perevarimosti i usvojaemosti pitatel'nyh veshhestv racionov pri riske aflatoksikoza [Increasing the digestibility and assimilation of nutrients in diets with a risk of aflatoxicosis]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2013, vol. 50, no. 3, pp. 104-107.

4. Gadzaonov, R.H. et all. Ispol'zovanie antioksidanta i inhibitora pleseni v kormah dlja brojlerov [Use of antioxidant and mold inhibitor in broiler feed]. Pticevodstvo, 2009, no. 4, pp. 23-24.

5. Gil'manov, M.K. Metody ochistki i izuchenija fermentov rastenij [Methods for purification and study of plant enzymes]. Alma-Ata:Nauka, 1981, pp.31-34.

6. GOST R 51899-2002 “Kombikorma granulirovannyye” [GOST R 51899-2002 "Pelleted compound feeds"]

7. Kairov, A.V. et all. Perevarimost' i usvojaemost' pitatel'nyh veshhestv pri vključenii v raciony mjasnoj pticy biologicheski aktivnyh preparatov dlja detoksikacii T-2 toksina [Digestibility and assimilation of nutrients when including biologically active preparations for T-2 toxin detoxification in poultry diets]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2019, vol. 56, no.4, pp. 108-113.

8. Kairov, A.V. et all. Povyenie pishhevoj cennosti mjasa brojlerov i kolbasy “Dorozhnaja” [Increasing the nutritional value of broiler meat and sausages “Dorognaya”]. Mjasnaja industrija, 2020, no.7, pp. 10-13.

9. Kairov, A.V. et all. Morfologicheskij i biohimicheskij sostav krovi brojlerov pri vključenii v raciony antioksidanta i fosfolipida pri riske T-2 toksikna [Morphological and biochemical composition of broiler blood when including antioxidant and phospholipid in diets at risk of T-2 toxin]. Krasnodar, 2020, pp. 258-262.

10. Mamukaev, M.N. et all. Vlijanie raznyh doz antioksidanta jepofen na perevarimost' i usvojaemost' pitatel'nyh veshhestv raciona cypljat-brojlerov [Effect of different doses of the antioxidant epofen on the digestibility and assimilation of nutrients in the diet of broiler chickens]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta, 2017, vol. 54, no. 4, pp. 94-98.

11. Temiraev, V.H. et all. Puti povyshenija jeffektivnosti mestnyh kormovyh sredstv dlja monogastrichnyh zhivotnyh [Ways to improve the efficiency of local feed for monogastric animals]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta, 2012, vol. 49, no. 4, pp. 99-110.

12. Temiraev, V.H. et all. Dejstvie antioksidanta na hozjajstvenno-poleznye priznaki i aktivnost' pishhevaritel'nyh jenzimov cypljat-brojlerov [Effect of antioxidant on economically useful traits and digestive enzyme activity of broiler chickens]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta, 2018, vol. 55, no. 4, pp. 106-110.

13. Temiraev, R.B. et al.. Sposob povysheniya dieticheskikh kachestv mjasa i uluchsheniya metabolizma u cypljat-brojlerov v usloviyah tehnogennoj zony RSO – Alanija [Method of increasing the dietary quality of meat and improving metabolism in broiler chickens in the conditions of the man-made zone of the Republic of North Ossetia - Alania]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta, 2012, vol. 49, no. 4, pp.56-59.

14. Temiraev, R.B. et al. Morfologicheskij i biohimicheskij sostav krovi mjasnoj pticy pri primenenii v racionah biologicheski aktivnyh preparatov [Morphological and biochemical composition of blood of meat poultry when using biologically active preparations in diets]. Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta, 2019, vol. 56, no. 1, pp. 91-97.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.**

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

#### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

#### **Сведения об авторах**

Гаппоева Валентина Созрыкоевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой анатомии, физиологии и ботаники. ФГБОУ ВО “Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова”. Область исследований - экологические и физиологические аспекты повышения продуктивности и качества продукции сельскохозяйственных животных и птицы. Автор 69 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО “Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова”, 362026, г. Владикавказ, ул. Ватутина, 46, e-mail: lada\_vityuk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5346-7128.

Кцоева Ирина Ирбековна – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической анатомии и физиологии факультета ветеринарной медицины. Горский государственный аграрный университет. Область исследований - экологические и физиологические аспекты повышения продуктивности и качества продукции сельскохозяйственных животных и птицы. Автор 56 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Горский ГАУ. Факультет ветеринарной медицины. 362040, Россия, РСО – Алания, г. Владикавказ, улица Кирова, 37, e-mail: irulik15@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5501-8545.

Солдатова Ирина Эдуардовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдел ландшафтных систем ведения луговодства горных территорий. Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказский научный центр РАН. Область исследований - экологические и физиологические аспекты повышения продуктивности и качества продукции сельскохозяйственных животных и птицы. Автор 67 статей.

**Контактная информация:** Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказский научный центр РАН. 362040, Россия,

PCO – Алания, г. Владикавказ, улица Кирова, 37, e-mail: irasha2012@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1683-6908>.

Туаева Залина Зурабовна – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Горский государственный аграрный университет. Область исследований - сельскохозяйственные науки, биологические науки. Автор 9 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Горский ГАУ. Агрономический факультет. 362040, Россия, PCO-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, e-mail: zalina4ka\_85@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5752-273X>.

Цогоева Фатима Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии факультета технологического менеджмента. Горский государственный аграрный университет. Область исследований - экологические и физиологические аспекты повышения продуктивности и качества продукции сельскохозяйственных животных и птицы. Автор 67 статей.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Горский ГАУ. Факультет технологического менеджмента. 362040, Россия, PCO – Алания, г. Владикавказ, улица Кирова, 37, e-mail: fatima130464@jmail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7303-9633.

### **Information about authors**

Valentina S. Gappoeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Anatomy, Physiology and Botany. FSBEI HE “North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov”. Research area - ecological and physiological aspects of increasing productivity and quality of agricultural animals and poultry products. Author of 69 articles.

**Contact information:** FSBEI HE “North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov”. 46 Vatutin str., Vladikavkaz, 362026, e-mail: lada\_vityuk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5346-7128.

Irina I. Ktsoeva – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Normal and Pathological Anatomy and Physiology of the Faculty of Veterinary Medicine. Gorsk State Agrarian University. Research area: Ecological and physiological aspects of increasing productivity and quality of agricultural animals and poultry. Author of 56 articles.

**Contact information:** FSBEI HE Gorsk SAU. Faculty of Veterinary Medicine. 37 Kirov str., Vladikavkaz, North Ossetia-Alania, Russia, 362040, e-mail: irulik15@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5501-8545.

Irina E. Soldatova – Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the department of Landscape systems of meadow management of mountainous territories. North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture, Vladikavkaz Scientific Center of RAS. Research area: Ecological and physiological aspects of increasing productivity and quality of agricultural animals and poultry. Author of 67 articles.

**Contact information:** North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture, Vladikavkaz Scientific Center of RAS. 37 Kirov str., Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia, 362040, e-mail: irasha2012@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1683-6908>.

Zalina Z. Tuaeva – postgraduate student of Production Technology and Processing of agricultural Products, Gorsk State Agrarian University. Research area: agricultural sciences, biological sciences. Author of 9 articles.

Туаева З.З.... Способ оптимизации продуктивности...

2024; 6(125):122-133 **Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”**  
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

**Contact information:** FSBEI HE Gorsk SAU. Faculty of Agronomy. 37 Kirov str., Vladikavkaz, North Ossetia-Alania, Russia, 362040, e-mail: zalina4ka\_85@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5752-273X>.

Fatima N. Tsogoeva – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Biology, Faculty of Technological Management. Gorsk State Agrarian University. Research area: Ecological and physiological aspects of increasing productivity and quality of farm animals and poultry products. Author of 67 articles.

**Contact information:** FSBEI HE Gorsk SAU. Faculty of Technological Management. 37 Kirov str., Vladikavkaz, North Ossetia-Alania, Russia, 362040, e-mail: fatima130464@jmail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7303-9633.



DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-134-145

УДК 504.75

Научная статья

## СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ *SYRINGA VULGARIS* L. В ГОРОДЕ ИРКУТСКЕ

Г.В. Чудновская, О.В. Чернакова

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Молодежный,  
Иркутский район, Иркутская область, Россия

**Аннотация.** Исследования проводили в г. Иркутске в 2018-2022 годах. Для получения показателей по флуктуирующей асимметрии листьев *Syringa vulgaris* L. были выбраны 16 учетных площадок, в местах ее произрастания, расположенных в четырех зонах, на каждой из которых в конце лета - начале осени было отобрано по 50 листовых пластинок. 7 площадок размещены в транспортной зоне, из них 5 – вдоль автомобильных дорог с движением более 2000 авт./час и 2 – с движением менее 2000 авт./ча.; 8 – в селитебной; 1 – в рекреационной зоне. “Коэффициент различия стабильности развития” сирени обыкновенной, между площадками, заложенными на расстоянии пяти метров от дорог с высокой интенсивностью движения, по отношению к парковой зоне – 1.13, со средним трафиком, а также селитебной зоной – 1.06, что демонстрирует высокий уровень ее устойчивости к выбросам автомобильного транспорта. Вариабельности значений флуктуирующей асимметрии по разным промерам на учетных площадках во всех четырех зонах, где были поведены исследования, не прослеживается. Предложить один основной промер, наиболее чутко реагирующий на фактор антропогенного воздействия для *S. vulgaris*, нельзя из-за высокой вариабельности значений флуктуирующей асимметрии по разным промерам. Коэффициент линейной корреляции между значениями стабильности развития *S. vulgaris* и расстоянием мест ее произрастания демонстрирует тесную связь между исследованными факторами ( $r=-0.70\pm 0.20$ ,  $t=3.57$ ). Влияние напряженности транспортного потока на изменение интегрального показателя флуктуирующей асимметрии -  $\eta_x^2=0.1810$ , факторная дисперсия ( $S_{\text{факт.}}^2=0.00004$ ) значительно ниже остаточной ( $S_{\text{ост.}}^2=0.00018$ ), величина критерия Фишера меньше табличного значения ( $F_{\text{расч.}}=0,89 < F_{\text{табл.}}=3.49$ ), что свидетельствует об отсутствии воздействия выбросов от автомобилей на стабильность развития *S. vulgaris* L. Не значительные различия в показателях флуктуирующей асимметрии на территориях с разным уровнем действия антропогенных факторов не позволяет рекомендовать исследованный вид в качестве индикатора для проведения мониторинга за состоянием природной среды на урбанизированных территориях.

**Ключевые слова:** *Syringa vulgaris* L., флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, корреляционная связь, автомобильный транспорт.

**Для цитирования:** Чудновская Г.В., Чернакова О.В. Стабильность развития *Syringa vulgaris* L. в г. Иркутске. Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”. 2024; 6 (125): 134-1645. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-125-134-145.

## DEVELOPMENT STABILITY OF *SYRINGA VULGARIS* L. IN THE CITY OF IRKUTSK

Galina V. Chudnovskaya, Olga V. Chernakova

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

**Abstract.** The research was conducted in Irkutsk in 2018-2022. To obtain indicators on the fluctuating asymmetry of the leaves of *Syringa vulgaris* L., 16 accounting sites were selected located in four zones in the places of its growth, in each of which 50 leaf blades were selected in late summer and early autumn. Seven sites are located in the transport zone, of which 5 are along highways with traffic of more than 2000 vehicles/hour and 2 - with traffic of less than 2000 vehicles/hour; 8 – in residential; 1 – in a recreational area. The "coefficient of difference in development stability" of common lilac between sites planted at a distance of five meters from roads with high traffic intensity, in relation to a park zone - 1.13, with medium traffic, as well as a residential zone - 1.06, which demonstrates its high level of resistance to emissions from motor vehicles. There is no variability in the values of fluctuating asymmetry for different measurements at the accounting sites in all four zones where the studies were conducted. It is impossible to propose one basic measurement that is most sensitive to the anthropogenic impact factor for *S. vulgaris* due to the high variability of the values of fluctuating asymmetry for different measurements. The coefficient of linear correlation between the values of *S. vulgaris* development stability and the distance of its growing sites demonstrates a close relationship between the studied factors ( $r=-0.70\pm 0.20$ ,  $t=3.57$ ). The influence of traffic flow intensity on the change in the integral index of fluctuating asymmetry -  $\eta_x^2=0.1810$ , factorial variance ( $S_{\text{факт.}}^2=0.00004$ ) significantly lower than the residual ( $S_{\text{ост.}}^2=0.00018$ ), the value of the Fisher criterion is less than the table value ( $F_{\text{расч.}}=0.89 < F_{\text{табл.}}=3.49$ ), that indicates that there is no impact of emissions from cars on the stability of the development of *S. vulgaris* L. Insignificant differences in the fluctuating asymmetry indices in areas with different levels of anthropogenic factors do not allow recommending the studied species as an indicator for monitoring the state of the natural environment in urbanized areas.

**Keywords:** *Syringa vulgaris* L., fluctuating asymmetry, development stability, correlation, automobile transport.

**For citation:** Chudnovskaya G.V., Chernakova O.V. Development stability of *Syringa vulgaris* L. in the city of Irkutsk. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2024; 6 (125): 134-145. DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-134-145.

**Введение.** Количество мегаполисов и их территориальное и численное расширение повлекло появление особой формы существования общества и окружающего пространства – урбанизации. Среда крупных городов обладает целым рядом специфических экологических факторов, напрямую связанных с техногенным воздействием на природу и климат. Комфортность данных территорий для их жителей, прежде всего санитарно-гигиенические условия, может быть обеспечена, в том числе древесными растениями, которые способны нейтрализовать или уменьшить воздействие неблагоприятных

факторов как естественного, так и антропогенного происхождения [6]. Достижение данной цели может быть обеспечено двумя путями. Во-первых, расширением площадей зеленых насаждений в рекреационных, жилых и промышленных зонах. Во-вторых, использованием в зеленом строительстве, наиболее приспособленных к существованию в данных обстоятельствах видов древесных растений. Оценка стабильности их развития по флуктуирующей асимметрии листьев может помочь в решении данного вопроса [4; 7-10].

Одним из широко распространенных видов, культивируемых в г. Иркутске, является сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) – кустарниковое растение высотой 5-6 м семейства Oleaceae (Маслиновые), которой свойственна низкая требовательность к условиям произрастания.

**Цель** - оценка стабильности развития *S. vulgaris* на территориях с разным уровнем воздействия автомобильного транспорта по флуктуирующей асимметрии листьев.

**Материалы и методика.** Исследования проводили в г. Иркутске в 2018-2022 годах. Для получения данных по флуктуирующей асимметрии были выбраны 16 учетных площадок, в местах произрастания сирени обыкновенной, расположенных в четырех зонах, на каждой из которых в конце лета - начале осени было собрано по 50 листьев. Семь площадок были размещены в транспортной зоне, из них 5 – вдоль автомобильных дорог с движением более 2000 авт./час. и 2 – с движением менее 2000 авт./час.; 8 – в жилителной; 1 – в рекреационной зоне (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема размещения учетных площадок:

- - транспортная зона, с движением автомобильного транспорта; более 2000 авт./час;
- - транспортная зона, с движением автомобильного транспорта менее 2000 авт./час;
- - жилителная зона; ● - рекреационная зона.

Figure 2 – Layout of accounting sites:

- - transport zone with a traffic volume of more than 2000 vehicles/hour;
- - transport zone with vehicle traffic of less than 2000 vehicles/hour;
- - residential area; ● - recreational area

На каждом листе, с его правой и левой стороны, измеряли по шесть четко фиксируемых промеров (рис.2). Флуктуирующую асимметрию каждого из них рассчитывали, поделив разницу между показателями половинок листовых пластинок на их сумму, а ФА листа - как среднюю арифметическую всех промеров. Показатели стабильности развития сирени обыкновенной на учетных площадках находили как среднюю величину флуктуирующей асимметрии для всех исследованных на них листьях [4].

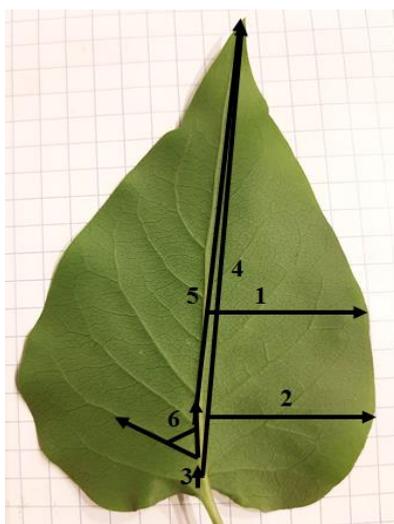


Рисунок 2 - Промеры листа *Syringa vulgaris* L.: 1 – ширина половинки листа на середине ее длины; 2 – ширина половинки листа у основания третьей жилки второго порядка; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние от основания второй жилки второго порядка до вершины листовой пластинки; 5 – расстояние от основания третьей жилки второго порядка до вершины листовой пластинки; 6 – угол между центральной жилкой и второй жилкой второго порядка.

Figure 2 - Measurements of a leaf of *Syringa vulgaris* L.: 1 – the width of the half of the leaf in the middle of its length; 2 – the width of the leaf half at the base of the third vein of the second order; 3 – the distance between the bases of the first and second veins of the second order; 4 – the distance from the base of the second vein of the second order to the top of the leaf blade; 5 – the distance from the base of the third vein of the second order to the top of the leaf blade; 6 – the angle between the central vein and the second vein of the second order.

Для масштабов в изменениях показателей стабильности развития *S. vulgaris* в зонах с различным уровнем влияния выбросов от автотранспорта был использован предложенный авторами «коэффициент различия стабильности развития», в основе которого заложен принцип, предусмотренный пятибалльной шкалой определения качества среды по степени нарушения березы повислой [4]. В качестве начальной величины взят показатель флуктуирующей асимметрии с рекреационной зоны, как территории наименьшего техногенного воздействия. При условно нормальном ходе развития коэффициент составляет 1-1.11, при высокой устойчивости вида древесного растения к антропогенной нагрузке – 1.12-1.24, при средней – 1.25-1.35, при низкой – 1.36 и более.

**Результаты и их обсуждение.** Средние значения флуктуирующей асимметрии листьев по 6 учетным признакам приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели флуктуирующей асимметрии листьев *S. vulgaris* по промерам на учетных площадках

Table 1 - Indicators of fluctuating asymmetry of *S. vulgaris* leaves by measurements at accounting sites

№ площадки	Описание учетной площадки	№ промера	Показатели флуктуирующей асимметрии по промерам $\Phi A \pm m_{\Phi A}$	Коэффициент вариации, %
1	2	3	4	5
Транспортная зона с интенсивностью движения автотранспорта более 2000 авт./час				
1	5 м от дороги	1	0.027 ± 0.00408	106.8
		2	0.034 ± 0.00497	103.4
		3	0.148 ± 0.02213	105.7
		4	0.011 ± 0.00164	105.6
		5	0.031 ± 0.00540	123.2
		6	0.057 ± 0.00719	89.2
2	5 м от дороги	1	0.033 ± 0.00504	107.9
		2	0.039 ± 0.00602	109.1
		3	0.164 ± 0.02520	108.6
		4	0.012 ± 0.00218	128.3
		5	0.022 ± 0.00263	84.4
		6	0.048 ± 0.00717	105.6
3	5 м от дороги	1	0.022 ± 0.00345	110.9
		2	0.031 ± 0.00391	89.1
		3	0.175 ± 0.02686	108.5
		4	0.007 ± 0.00124	125.1
		5	0.021 ± 0.00376	126.5
		6	0.054 ± 0.00524	68.6
4	5 м от дороги	1	0.023 ± 0.00335	102.9
		2	0.036 ± 0.00470	92.3
		3	0.145 ± 0.01853	90.4
		4	0.010 ± 0.00115	81.0
		5	0.023 ± 0.00278	85.5
		6	0.074 ± 0.00805	76.9
5	5 м от дороги	1	0.022 ± 0.00298	95.9
		2	0.028 ± 0.00405	102.2
		3	0.164 ± 0.02528	109.0
		4	0.015 ± 0.00197	92.7
		5	0.038 ± 0.00426	79.2
		6	0.065 ± 0.00867	94.4

1	2	3	4	5
Транспортная зона с интенсивностью движения автотранспорта менее 2000 авт./час				
6	5 м от дороги	1	$0.032 \pm 0.00473$	104.5
		2	$0.025 \pm 0.00427$	120.7
		3	$0.154 \pm 0.02307$	105.9
		4	$0.011 \pm 0.00172$	110.8
		5	$0.025 \pm 0.00298$	84.2
		6	$0.050 \pm 0.00648$	91.7
7	5 м от дороги	1	$0.022 \pm 0.00366$	117.8
		2	$0.032 \pm 0.00416$	91.9
		3	$0.160 \pm 0.02377$	105.0
		4	$0.012 \pm 0.00165$	97.5
		5	$0.022 \pm 0.00284$	91.3
		6	$0.048 \pm 0.00523$	77.0
Селитебная зона				
8	Придомовая территория с автомобильной стоянкой, расположенная в 80 м до дороги	1	$0.029 \pm 0.00366$	89.2
		2	$0.034 \pm 0.00551$	114.6
		3	$0.168 \pm 0.02255$	94.9
		4	$0.013 \pm 0.00140$	76.3
		5	$0.026 \pm 0.00327$	88.8
		6	$0.057 \pm 0.00645$	70.0
9	Придомовая территория, расположенная в 50 м от дороги	1	$0.028 \pm 0.00314$	79.4
		2	$0.036 \pm 0.00423$	83.0
		3	$0.180 \pm 0.02338$	91.8
		4	$0.015 \pm 0.00175$	82.5
		5	$0.028 \pm 0.00322$	81.4
		6	$0.055 \pm 0.00924$	118.9
10	Придомовая территория, расположенная в 55 м от дороги	1	$0.028 \pm 0.00418$	125.6
		2	$0.040 \pm 0.00391$	73.9
		3	$0.161 \pm 0.02711$	119.1
		4	$0.011 \pm 0.00149$	95.6
		5	$0.022 \pm 0.00259$	83.4
		6	$0.060 \pm 0.00701$	82.6
11	Придомовая территория, расположенная в 130 м от дороги	1	$0.025 \pm 0.00386$	109.1
		2	$0.038 \pm 0.00616$	114.7
		3	$0.146 \pm 0.02189$	106.0
		4	$0.009 \pm 0.00117$	91.9
		5	$0.023 \pm 0.00276$	84.9
		6	$0.037 \pm 0.00423$	80.8
12	Придомовая территория, расположенная в 140 м от дороги	1	$0.022 \pm 0.00278$	89.5
		2	$0.024 \pm 0.00320$	94.3
		3	$0.149 \pm 0.01375$	65.3
		4	$0.016 \pm 0.00213$	94.2
		5	$0.044 \pm 0.00431$	69.3
		6	$0.042 \pm 0.00523$	88.0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
13	Придомовая территория, расположенная в 150 м от дороги	1	0.027 ± 0.00428	112.0
		2	0.032 ± 0.00490	108.3
		3	0.137 ± 0.02023	104.4
		4	0.010 ± 0.00140	99.0
		5	0.026 ± 0.00297	80.9
		6	0.048 ± 0.00602	88.6
14	Придомовая территория, расположенная в 220 м от дороги	1	0.020 ± 0.00294	103.9
		2	0.027 ± 0.00353	92.5
		3	0.137 ± 0.02034	105.0
		4	0.009 ± 0.00149	116.8
		5	0.023 ± 0.00314	96.5
		6	0.047 ± 0.00557	83.9
15	Придомовая территория, расположенная в 220 м от дороги	1	0.014 ± 0.00241	121.7
		2	0.027 ± 0.00348	92.2
		3	0.147 ± 0.02702	130.0
		4	0.009 ± 0.00135	105.8
		5	0.025 ± 0.00292	82.6
		6	0.048 ± 0.00496	73.1
Рекреационная зона				
16	Парк	1	0.021 ± 0.00328	110.5
		2	0.023 ± 0.00360	110.7
		3	0.139 ± 0.01984	100.9
		4	0.015 ± 0.00220	103.6
		5	0.035 ± 0.00429	86.7
		6	0.052 ± 0.00595	80.9

Очевидной вариабельности значений флуктуирующей асимметрии по разным промерам на учетных площадках во всех четырех зонах, где были проведены исследования не прослеживается. В связи с этим, предложить для оценки состояния развития *S. vulgaris* один основной промер, наиболее чутко реагирующий на фактор антропогенного воздействия, не удалось. В.А. Кулагина и Н.Г. Григорьева указывают на выявленные закономерности в увеличении ФА угла между центральной жилкой и второй жилкой второго порядка в рекреационной зоне в сравнении с промышленной. По нашим данным, на большинстве площадок транспортной зоны данный показатель не значительно отличался, а в некоторых случаях был даже меньше, чем в парковой территории [3].

Интегральные значения коэффициентов флуктуирующей асимметрии учетных площадок (показатели стабильности развития), а также средние их значения по транспортной, селитебной и рекреационной зонам приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели стабильности развития *S. vulgaris*Table 2 – Indicators of development stability of *S. vulgaris*

Зона произрастания	№ площадки	Показатели стабильности развития	Коэффициент вариации, %
Транспортная, с интенсивностью движения автотранспорта более 2000 авт./час	1	0.051 ± 0.00456	63.2
	2	0.053 ± 0.00483	64.4
	3	0.052 ± 0.00543	73.8
	4	0.052 ± 0.00388	52.8
	5	0.055 ± 0.00445	57.2
<b>Среднее значение по зоне</b>		<b>0.053 ± 0.00207</b>	
Транспортная, с интенсивностью движения автотранспорта менее 2000 авт./час	6	0.049 ± 0.00437	63.1
	7	0.050 ± 0.00434	61.3
<b>Среднее значение по зоне</b>		<b>0.050 ± 0.00309</b>	
Селитебная	8	0.055 ± 0.00477	61.3
	9	0.057 ± 0.00464	57.6
	10	0.054 ± 0.00496	65.0
	11	0.046 ± 0.00456	70.1
	12	0.050 ± 0.00310	43.8
	13	0.047 ± 0.00382	57.5
	14	0.044 ± 0.00390	62.7
	15	0.045 ± 0.00497	78.1
<b>Среднее значение по зоне</b>		<b>0.050 ± 0.00153</b>	
Рекреационная	16	<b>0.047 ± 0.00403</b>	60.6

Коэффициент различия стабильности развития сирени обыкновенной, между площадками, заложенными на расстоянии пяти метров от дорог с высокой интенсивностью движения, по отношению к парковой зоне – 1.13, со средним трафиком, а также селитебной зоной – 1.06, что демонстрирует высокий уровень ее устойчивости к выбросам от автомобильного транспорта. Это противоречит данным некоторых коллег.

А.В. Антоненко, Е.Б. Ткаченко считают, что показатели флуктуирующей асимметрии возрастают по мере увеличения техногенного воздействия, кроме того, поллютанты значительно влияют на уменьшение площади листьев и тем самым снижают скорость фотосинтеза [1]. С.В. Артёменко, Ж.К. Наргужина, Д.А. Агафонова также отмечают высокую чувствительность данного вида к антропогенной нагрузке [2].

Коэффициент линейной корреляции между и расстоянием от мест произрастания сирени обыкновенной до транспортных магистралей с различной интенсивностью движения и значениями стабильности развития ( $r = -0.70 \pm 0.20$ , критерий достоверности –  $t = 3.57$ , при вероятности  $P = 0.99$ ) демонстрирует тесный уровень связи между исследованными факторами (рис. 3).

Полученные данные Г.А. Павленковой, при исследовании *S. vulgaris* в г. Орел, показывают незначительное увеличение ФА у растений, растущих в 5 м от обочины дороги, в сравнение с экземплярами, находящимися на расстоянии 160 м от нее – всего в 1.05 раза [5].

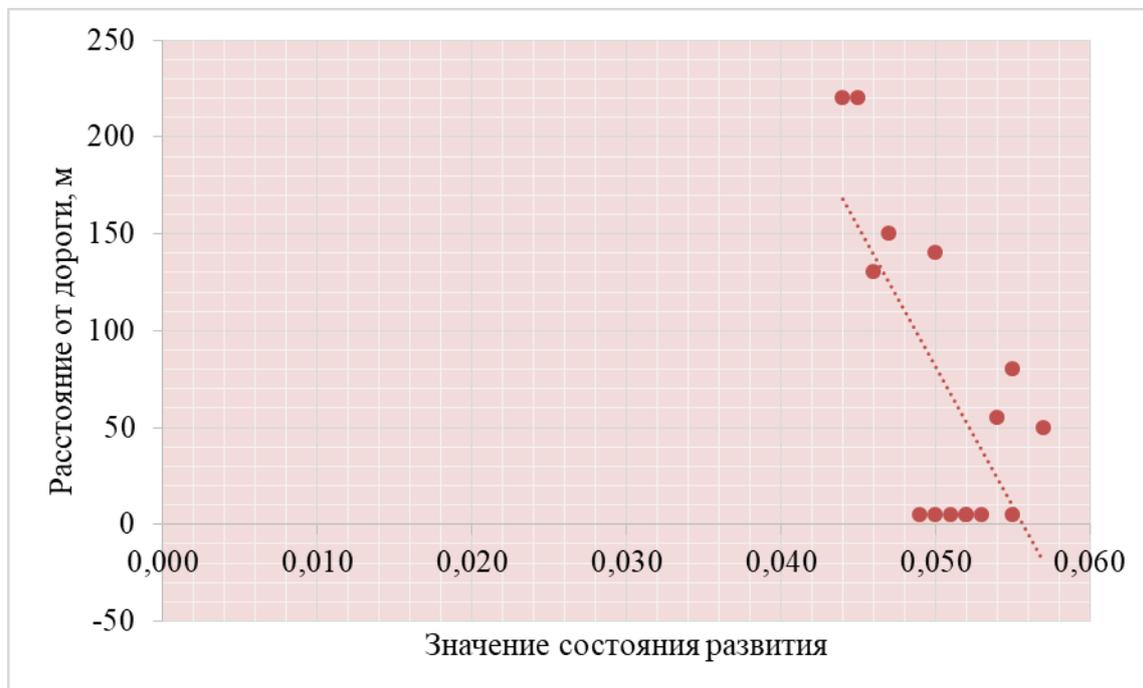


Рисунок 3 – Линейная корреляция между показателями стабильности развития *S. vulgaris* и расстоянием до дороги

Figure 3 – Linear correlation between indicators of *S. vulgaris* development stability and distance to the road

Дисперсионный анализ, проведенный для оценки величины воздействия интенсивности движения автомобильного транспорта (высокой, средней, низкой и отсутствующей) на стабильность развития *S. vulgaris*, показал, что влияние напряженности транспортного потока на изменение интегрального показателя флуктуирующей асимметрии -  $\eta_x^2=0.1810$ . При этом факторная дисперсия ( $S_{\text{факт.}}^2=0.00004$ ) значительно ниже остаточной ( $S_{\text{ост.}}^2=0.00018$ ). Полученная величина критерия Фишера меньше табличного значения ( $F_{\text{расч.}}=0.89 < F_{\text{табл.}}=3.49$ ).

**Заключение.** Полученные интегральные показатели флуктуирующей асимметрии для транспортной, селитебной и рекреационной зон демонстрируют, что интенсивность транспортного потока, и как следствие этого, уровень воздействия на нее выбросов от автомобилей не оказывает влияние на стабильность *Syringa vulgaris* L. Дистанция от мест произрастания сирени обыкновенной до транспортных путей имеет отрицательную тесную линейную корреляцию, хотя значительной реакции на изменения показателей

стабильности развития это обстоятельство не выявило. Отсутствие значительных различий в показателях флуктуирующей асимметрии на территориях с разным уровнем действия антропогенных факторов не позволяет рекомендовать исследованный вид в качестве индикатора для проведения мониторинга за состоянием природной среды на урбанизированных территориях.

### Список литературы

1. Антоненко, А.В. Оценка экологического состояния сирени обыкновенной в условиях г. Красноярска / А.В. Антоненко, Е.Б. Ткаченко // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки // Сб. матер. Всеросс. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Красноярск, 19 мая 2017 г.)//Красноярск: ФГБОУ ВО Сибирский ГУ науки и технологии имени академика М.Ф. Решетнева, 2017. – С. 11-12.
2. Артёменко, С.В. Изменчивость морфофизиологических признаков растений г. Тюмени в условиях разной степени загрязнения атмосферы / С. В. Артёменко, Ж. К. Наргужина, Д. А. Агафонова // Вестник Тюменского ГУ. Экология и природопользование. – 2018. – Т. 4. - № 3. – С. 108-124. DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-3-108-124.
3. Кулагина, В. А. Листовые пластины тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) и сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) как индикатор состояния среды территории г. Красноярска / В. А. Кулагина, Н. Г. Григорьева // Инновационные тенденции развития российской науки // Матер. XII Междунар.науч.-практ. конф. молодых ученых (Красноярск, 08-09 апреля 2019 г.)// Красноярск: КрасГАУ, 2019. - С. 50-54.
4. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) // Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 660// М.: Наука, 2003. - 24 с.
5. Павленкова, Г.А. Оценка экологического состояния ландшафтных зон г. Орла и Орловской области по показателям флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Syringa vulgaris* L. / Г. А. Павленкова // Трансляционная медицина// Матер. междунар. науч.-практ. конф. (Орел, 15-17 декабря 2017 г.)//Орел: ФГБОУ ВО “ОГУ им. И. С. Тургенева”, 2017. – С. 436-448.
6. Чернакова, О.В. Современное состояние, перспективы и проблемы в озеленении города Иркутска / О.В. Чернакова, Г.В. Чудновская // Вестник ИрГСХА. - 2018. - № 88. - С. 97-107.
7. Шадрина, Е.Г. Исследование показателя флуктуирующей асимметрии растений как способ оценки экологической обстановки региона и прогнозирования в области охраны здоровья населения / Н.Г. Шадрина, Е.Н. Луцкан, И.П. Луцкан // Наука и образование. – 2013. - № 4 (72). – С. 81-86.
8. Lens, L. Fluctuating asymmetry as an indicator of fitness : can we bridge the gap between studies / L. Lens, S. Van Dongen, S. Kark, E. Matthysen // Biological Review. - 2002. - no. 77. - P. 27-38. DOI: 10.1017 / s1464793101005796.
9. Leung, B. Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analyses involving multiple traits / B. Leung, M.R. Forbes, D. Houle // American Naturalist. – 2000. - no. 155 (1). - P. 101-115. DOI: 10.2307 / 3079019
10. Parsons, P.A. Fluctuating asymmetry – a biological monitor of environmental and genomic stress / P. A. Parsons // Heredity. - 1992. - Vol. 68. - no. 4. - P. 361-364. DOI: 10.1038 / HDY.1992.51.

### References

1. Antonenko, A.V., Tkachenko, E.B. Ocenka e`kologicheskogo sostoyaniya sireni oby`knovennoj v usloviyax g. Krasnoyarska [Assessment of the ecological state of common lilac in the conditions of Krasnoyarsk]. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev, 2017, pp. 11-12.
2. Artyomenko, S.V., Narguzhina, Zh.,K. Agafonova Izmenchivost` morfofiziologicheskix priznakov rastenij g. Tyumeni v usloviyax raznoj stepeni zagryazneniya atmosfery [Variability of morphophysiological characteristics of plants in Tyumen under conditions of varying degrees of atmospheric pollution]. Vestnik of Tyumen State University. Ecology and Nature Management, Vol. 4, no. 3, pp. 108-124. DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-3-108-124.
3. Kulagina, V.A., Grigor'eva, N.G. Listovye plastiny topolya bal'zamicheskogo (*Populus balsamifera* L.) i sireni obyknovnoy (*Syringa vulgaris*) kak indikator sostoyaniya sredey territorii g. Krasnoyarska [Leaf plates of balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) and common lilac (*Syringa vulgaris*) as an indicator of the environmental condition of the territory of Krasnoyarsk]. Krasnoyarsk, 2019, pp. 50-54.
4. Metodicheskie rekomendacii po vypolneniyu ocenki kachestva sredey po sostoyaniyu zhivyh sushchestv (ocenka stabil'nosti razvitiya zhivyh organizmov po urovnyu asimmetrii morfologicheskix struktur) (Rasporyazhenie Rosehkologii ot 16.10.2003 № 660) [Methodological recommendations for assessing the quality of the environment according to the state of living beings (assessment of the stability of the development of living organisms by the level of asymmetry of morphological structures)]. Moscow, 2003, 24 p.
5. Pavlenkova, G. A. Ocenka e`kologicheskogo sostoyaniya landshaftny`x zon g. Orla i Orlovskoj oblasti po pokazatelyam fluktuiruyushhej asimmetrii listovoj plastinki *Syringa vulgaris* L. [Assessment of the ecological state of the landscape zones of the city of Oryol and Oryol region according to the indicators of fluctuating asymmetry of the leaf blade of *Syringa vulgaris* L.]. Orel: FGBOU V "OSU im. I. C. Turgenev", 2017, pp. 436-448.
6. Chernakova, O.V., Chudnovskaya, G.V. Sovremennoe sostoyanie, perspektivy i problemy v ozelenenii goroda Irkutsk [The current state, prospects and problems in the landscaping of the city of Irkutsk]. Vestnik IrGSHA, 2018, no.88, pp. 97-107.
7. Shadrina, E.G. et al. Issledovanie pokazatelya fluktuiruyushchej asimmetrii rastenij kak sposob ocenki ekologicheskoy obstanovki regiona i prognozirovaniya v oblasti ohrany zdorov'ya naseleniya [The study of the indicator of fluctuating asymmetry of plants as a way to assess the environmental situation of the region and forecasting in the field of public health]. Science and education, 2013, no. 4 (72), pp. 81-86.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.

**Author contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**The authors are fully responsible for the presentation of the material in the article.**

### История статьи/ Article history:

Дата поступления в редакцию / Received: 18.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2024

### **Сведения об авторах**

Чернакова Ольга Владимировна – старший преподаватель кафедры технологии в охотничьем и лесном хозяйстве, институт управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований - изучение состояния древесных растений на урбанизированных территориях по флуктуирующей асимметрии и определения ресурсов шляпочных грибов. Автор 35 научных работ.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Институт управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: chernakova-o@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-3283-9703.

Чудновская Галина Валерьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии в охотничьем и лесном хозяйстве, Институт управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований - изучение полезных растений и оценки состояния древесных растений на урбанизированных территориях по флуктуирующей асимметрии. Автор свыше 150 научных работ, включая монографии.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Институт управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: g.chudnovskaya2011@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3119-1693.

### **Information about authors**

Olga V. Chernakova – Senior Lecturer of the Department of Technology in Hunting and Forestry, Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - study of the state of woody plants in urbanized areas by fluctuating asymmetry and determination of resources of cap mushrooms. Author of 35 scientific publications.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: chernakova-o@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-3283-9703.

Galina V. Chudnovskaya – Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Technology in Hunting and Forestry, Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - study of useful plants and assessment of the condition of woody plants in urbanized areas by fluctuating asymmetry. Author of over 150 scientific papers, including monographs.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: g.chudnovskaya2011@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3119-1693.

## **Требования к статьям, публикуемым в научно-практическом журнале “Вестник ИрГСХА”**

### **Условия опубликования статьи**

1. Статьи должны содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными (востребованными) на современном этапе научного развития, либо представлять научно-познавательный интерес, соответствовать основным направлениям журнала.

2. Соответствовать предъявляемым правилам оформления.

3. Для авторов, кроме студентов, аспирантов и магистрантов очной и заочной формы обучения, условием публикации статей является оплата за каждую статью в размере: доктор наук - 1000 руб., кандидат – 750, автор(ы), не имеющие ученую степень – 500. Студенты, магистранты, аспиранты любой формы обучения имеют право опубликовать статьи бесплатно при предоставлении соответствующего документа.

4. Объем статьи от 8 до 12 страниц. Число авторов в статье от 1-го до 5 –ти (в редких случаях 6-7).

5. Автор может опубликовать две статьи в год самостоятельно или в соавторстве. Сотрудники университета и члены редколлегии могут опубликовать три статьи.

6. Поступившие в редакцию и принятые к публикации статьи не возвращаются. Редакция предполагает анонимное рецензирование, имеет право отклонять статьи, не соответствующие вышеуказанным требованиям и основным научным направлениям журнала.

7. За фактологическую сторону статей, юридическую и иную ответственность несут авторы.

**На отдельной странице** предоставляется информация об авторе: фамилия, имя, отчество (полностью) на русском языке, фамилия и инициалы на английском языке, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, e-mail и адрес организации (с указанием почтового индекса).

### **Банковские реквизиты Иркутского ГАУ для оплаты статей**

ИНН 3811024304 КПП 382701001

ПОЛУЧАТЕЛЬ: УФК ПО ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ (ФГБОУ ВО ИРКУТСКИЙ ГАУ Л/СЧ 20346Х05770)

БАНК: ОТДЕЛЕНИЕ ИРКУТСК БАНКА РОССИИ//УФК ПО ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ Г.ИРКУТСК

Р/СЧ 03214643000000013400

К/СЧ 40102810145370000026

БИК 012520101

КБК 0000000000000000130

## **Правила оформления статьи**

1. Статья направляется в редакцию журнала по адресу: 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”, “Редакция научно-практического журнала “Вестник ИрГСХА” или по e-mail: nikulina@igsha.ru, тел. 8(3952)237330, 89500885005.

2. Статья представляется в бумажном виде и на электронном носителе (по e-mail или на электронном носителе) в формате MicrosoftWord. Бумажный вариант должен полностью соответствовать электронному. При наборе статьи необходимо учитывать следующее: форматирование по ширине; поля: справа и слева – по 23 мм, остальные – 20 мм, абзацный отступ – 10 мм.

3. Текст статьи должен быть тщательно вычитан и подписан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

4. Нумерация страниц обязательна.

### **Структура статьи:**

1. Универсальный десятичный код (УДК) размещается в левом верхнем углу: полужирный шрифт, размер – 12 пт.

2. Название статьи (ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ), полужирный шрифт, 14 кегль, межстрочный интервал – 1.0.

3. Фамилия, имя, отчество автора, полужирный шрифт, 12 кегль.

4. Название организации, кафедры, 12 кегль, межстрочный интервал – 1.0.

5. Аннотация статьи должна отражать основные положения работы и содержать от 200 до 250 слов, примерно 2000 знаков (шрифт – Times New Roman, размер – 12 пт, интервал – 1.0).

6. После аннотации располагаются ключевые слова (шрифт – TimesNewRoman, курсив, размер – 12 пт.).

7. Далее: пункты 1, 2, 3, 4, 5, 6 дублируются на английском языке.

8. Основной текст статьи – шрифт Times New Roman, размер – 14 пт., межстрочный интервал – 1.0 пт. В тексте статьи автор сжато и четко излагает современное состояние вопроса, описание методики исследования и обсуждение полученных результатов; заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание; основной текст экспериментальных статей необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: объекты и методы, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение, выводы.

9. Иллюстрации к статье (при наличии) предоставляются в электронном виде, включенные в текст, в стандартных графических форматах с обязательным подрисовочным названием.

10. Таблицы набираются в редакторе WORD – 12 кегль, название таблицы полужирным шрифтом.

11. Формулы и специальные символы набираются с использованием пункта меню Символ и редактора формул MS-Equation 5.0.

12. В конце статьи размещается список литературы (по алфавиту) на русском языке, 12 кегль, межстрочный интервал – 1.0; в тексте указывается

ссылка с номером.

13. Далее – транслитерация всего списка литературы.

14. Ссылки на литературу приводятся в тексте в квадратных скобках.

15. Благодарность(и) или указание(я) на какие средства выполнены исследования, приводятся в конце основного текста после выводов (шрифт Times New Roman, размер – 12 пт.).

16. Оформление графиков и таблиц согласно стандарту (ГОСТ 7.1 - 2003).

17. Сведения об авторе(ах): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место работы (место учебы или соискательство), контактные телефоны, e-mail, почтовый индекс и адрес учреждения.

### **Сопроводительные документы к статье**

1. Заявление от имени автора (ров) на имя главного редактора научно-практического журнала “Вестник ИрГСХА или в редакцию научно-практических журналов Иркутского ГАУ.

2. На каждую статью обязательны две рецензии (внутренняя и внешняя), составленные доктором или кандидатом наук по направлению исследований автора. Рецензии обосновывают новизну и актуальность научной статьи, логику и научность изложения текста, аргументированность выводов и заключений, включает в себя рекомендации рецензента по отношению к статье. Рецензии заверяются печатью соответствующего учреждения (организации), подписи рецензентов подтверждается начальником управления персоналом и содержит дату ее написания.

3. Заключение организации, где работает (ют) автор (ры), о возможности опубликовании материалов в открытой печати в научно-практическом журнале “Вестник ИрГСХА”, заверенное печатью и подписанное лицом (руководителем) организации, где работает автор (ы).

4. Для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук необходима рекомендация, подписанная лицом, имеющим ученую степень и заверенная печатью учреждения. В рекомендации отражается актуальность раскрываемой проблемы, оценивается научный уровень представленного материала и делаются выводы о возможности опубликования статьи в научно-практическом журнале “Вестник ИрГСХА”.

5. Все вышеперечисленные документы в отсканированном виде предоставляются в редакцию по e-mail: *nikulina@igsha.ru*.

### **Регистрация статей**

1. Поступившая статья регистрируется в общий список по дате поступления.

2. Автор(ы) извещаются по e-mail или по контактному телефону о публикации статьи(ей) в соответствующем выпуске.

3. Зам. главного редактора в течение 7 дней уведомляет автора(ов) о получении статьи.

## Порядок рецензирования статей

1. Научные статьи, поступившие в редакцию, проходят рецензирование.

2. Формы рецензирования статей:

– внутренняя (рецензирование рукописей статей членами редакционной коллегии);

– внешняя (направление на рецензирование рукописей статей ведущим специалистам в соответствующей отрасли).

3. Зам. главного редактора определяет соответствие статьи профилю журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию.

4. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются зам. главного редактора с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.

5. В рецензии должны быть освещены следующие вопросы:

– соответствует ли содержание статьи заявленной в названии теме;

– насколько статья соответствует современным достижениям научно-теоретические мысли;

– доступна ли статья читателям, на которых она рассчитана с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и т.д.;

– целесообразна ли публикация статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу научной литературы;

– в чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки; какие исправления и дополнения должны быть внесены автором;

– вывод о возможности опубликования данной рукописи в журнале: “рекомендуется”, “рекомендуется с учетом исправления отмеченных рецензентом недостатков” или “не рекомендуется”.

6. Рецензии заверяются в порядке, установленном в учреждении, где работает рецензент.

7. В случае отклонения статьи от публикации редакция направляет автору мотивированный отказ.

8. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычной почтой.

9. Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редакционной коллегией.

10. После принятия редколлекцией решения о допуске статьи к публикации зам. главного редактора информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

11. Рецензии хранятся не менее 5 лет в бумажном и электронном вариантах и могут быть предоставлены в Министерство образования и науки РФ по запросу.

## Порядок рассмотрения статей

1. Представляя статью для публикации, автор тем самым выражает согласие на размещение полного ее текста в сети Интернет на официальных сайтах научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) и научно-практического журнала “Вестник ИрГСХА”.

2. Статьи принимаются по установленному графику:

- в № 1 (февраль) – до 1 ноября текущего года;
- в № 2 (апрель) – до 1 декабря текущего года;
- в № 3 (июнь) – до 1 февраля текущего года;
- в № 4 (август) – до 1 марта текущего года;
- в № 5 (октябрь) – до 1 апреля текущего года;
- в № 6 (декабрь) – до 1 мая текущего года.

В исключительных случаях, по согласованию с редакцией, срок приема статьи в ближайший номер может быть продлен, не более, чем на три недели.

3. Поступившие статьи рассматриваются редакционной коллегией в течение месяца.

4. Редакционная коллегия правомочна отправить статью на дополнительное рецензирование.

5. Редакционная коллегия правомочна осуществлять научное и литературное редактирование поступивших материалов, при необходимости сокращать их по согласованию с автором, либо, если тематика статьи представляет интерес для журнала, направлять статью на доработку автору.

6. Редакционная коллегия оставляет за собой право отклонить статью, не отвечающую установленным требованиям оформления или тематике журнала.

7. В случае отклонения представленной статьи редакционная коллегия дает автору мотивированное заключение.

8. Автор(ры) в течение 7 дней получают уведомление о поступившей статье. Через месяц после регистрации статьи, редакция сообщает автору (рам) о результатах рецензирования и о плане публикации статьи.

Подробную информацию об оформлении статей можно получить по e-mail: [nikulina@igsha.ru](mailto:nikulina@igsha.ru) тел. 8(3952)2990660, 89500885005.

## Requirements for articles published in “East Siberian Journal of Biosciences”

### Article publication conditions

1. Articles should contain the results of scientific research, theoretical, practical (innovative) developments, ready for use and are relevant (in demand) at the present stage of scientific development, or be of scientific and cognitive interest, correspond to the main directions of the journal.

2. Comply with the applicable design rules.

3. For authors, except for full-time and part-time students, postgraduates and undergraduates, the condition for the publication of articles is an annual subscription - 1500 rubles, while the volume of the article should not exceed 8 pages. The number of authors in an article is no more than five (6-7).

4. The author can publish two articles per year independently or in co-authorship.

5. Articles received and accepted for publication will not be returned. The editorial board assumes anonymous reviewing, has the right to reject articles that do not meet the above requirements and the main scientific areas of the journal.

6. Authors bear legal and other responsibility for the factual side of the articles.

**A separate page** provides information about the author: surname, name, patronymic (in full) in Russian, surname and initials in English, academic degree, academic title, position, telephone, e-mail and address of the organization (indicating the postal code).

### Article design rules

1. The article is sent to the editorial office of the journal at the following address: 664038, Irkutsk region, Irkutsk region, Molodezhny, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky”, “Editorial office of the “Journal of Bio-Sciences” or by e-mail: nikulina@igsha.ru, tel. 8(3952)237330, 89500885005.

2. The article is submitted in paper form and on electronic media (by e-mail or on electronic media) in Microsoft Word format. The paper version must fully correspond to the electronic one. When typing an article, consider the following: width formatting; margins: left and right - 23 mm each, the rest - 20 mm, paragraph indent - 10 mm.

3. The text of the article must be carefully read and signed by the author, who is responsible for the scientific and theoretical level of the published material.

4. Page numbering is required.

Article structure:

1. The universal decimal code (UDC) is located in the upper left corner: bold, size - 12 pt.

2. Title of the article (IN CAPITAL LETTERS), bold font, 14 point size, line spacing - 1.0.

3. Surname, name, patronymic of the author, bold, 12 point size.

4. The name of the organization, department, 12 point size, line spacing - 1.0.

5. The abstract of the article should reflect the main provisions of the work and contain from 200 to 250 words, approximately 2000 characters (font - Times New Roman, size - 12 pt, spacing - 1.0).

6. After the annotation there are keywords (font - TimesNewRoman, italic, size - 12 pt.).

7. Further: points 1, 2, 3, 4, 5, 6 are duplicated in English.

8. The main text of the article - font Times New Roman, size - 14 pt., Line spacing - 1.0 pt. In the text of the article, the author concisely and clearly states the current state of the issue, a description of the research methodology and a discussion of the results obtained; the title of the article must fully reflect its content; the main text of experimental articles should be structured using the subheadings of the corresponding sections: objects and methods, experimental part, results and their discussion, conclusions.

9. Illustrations to the article (if any) are provided in electronic form, included in the text, in standard graphic formats with a mandatory caption title.

10. Tables are typed in the WORD editor - 12 point size, the name of the table in bold.

11. Formulas and special symbols are typed using the Symbol menu item and the MS-Equation 5.0 formula editor.

12. At the end of the article there is a list of references (in alphabetical order) in Russian, 12 point size, line spacing - 1.0; the text contains a link with a number.

13. Further - transliteration of the entire list of references.

14. Literature references are given in the text in square brackets.

15. Acknowledgments (s) or indication (s) for what funds the research was carried out are given at the end of the main text after the conclusions (font Times New Roman, size - 12 pt.).

16. Drawing up graphs and tables according to the standard (GOST 7.1 - 2003).

17. Information about the author (s): last name, first name, patronymic (in full), academic degree, academic rank, position, place of work (place of study or application), contact phones, e-mail, postal code and address of the institution.

### **Accompanying documents to the article**

1. Application on behalf of the author(-s) addressed to the editor-in-chief "Journal of Bio-Sciences", or to the editorial board of the scientific-practical journals of the Irkutsk State Agricultural University.

2. For each article, two reviews (internal and external) are required, compiled by a doctor or candidate of sciences in the direction of the author's research. The reviews substantiate the novelty and relevance of the scientific article, the logic and scientific nature of the presentation of the text, the validity of the conclusions and conclusions, and includes the recommendations of the reviewer in relation to the article. The reviews are certified by the seal of the relevant institution (organization), the signatures of the reviewers are confirmed by the head of the personnel department and contains the date of its writing.

3. Conclusion of the organization where the author(-s) work(-s) on the

possibility of publishing materials in the open press in “Journal of Bio-Sciences”, certified by the seal and signed by the person (head) of the organization where the author(-s) work.

4. For graduate students and applicants for the degree of candidate of sciences, a recommendation signed by a person with a degree and certified by the seal of the institution is required. The recommendation reflects the relevance of the problem being disclosed, the scientific level of the presented material is assessed and conclusions are drawn about the possibility of publishing the article in “Journal of Bio-Sciences”.

5. All of the above documents in scanned form are submitted to the editorial office by e-mail: *nikulina@igsha.ru*.

### **Registration of articles**

1. The received article is registered in the general list by the date of receipt.

2. The author(-s) are notified by e-mail or by contact phone about the publication of the article(-s) in the corresponding issue.

3. Deputy the editor-in-chief within 7 days notifies the author(-s) of the receipt of the article.

The procedure for reviewing articles

1. Scientific articles submitted to the editorial office are reviewed.

2. Forms of reviewing articles:

- internal (reviewing of manuscripts of articles by members of the editorial board);

- external (referral for reviewing manuscripts of articles to leading experts in the relevant industry).

3. Deputy the editor-in-chief determines the correspondence of the article to the journal's profile, design requirements and sends it for reviewing to a specialist (doctor or candidate of sciences) who has the scientific specialization closest to the topic of the article.

4. Terms of reviewing in each case are determined by the deputy. editor-in-chief, taking into account the creation of conditions for the fastest possible publication of the article.

5. The review should cover the following issues:

- whether the content of the article corresponds to the topic stated in the title;

- how much the article corresponds to modern achievements of scientific and theoretical ideas;

- whether the article is available to readers for whom it is designed in terms of language, style, location of the material, visibility of tables, diagrams, figures, etc.;

- is it expedient to publish the article taking into account the scientific literature previously released on this issue;

- what exactly are the positive aspects, as well as disadvantages; what corrections and additions should be made by the author;

- conclusion about the possibility of publication of this manuscript in the journal: “recommended”, “recommended taking into account the correction of the deficiencies noted by the reviewer” or “not recommended”.

6. Reviews are certified in accordance with the procedure established by the institution where the reviewer works.

7. In case of rejection of the article from publication, the editorial staff sends the author a reasoned refusal.

8. An article not recommended by the reviewer for publication will not be accepted for reconsideration. The text of the negative review is sent to the author by e-mail, fax or regular mail.

9. The presence of a positive review is not a sufficient reason for the publication of the article. The final decision on the expediency of publication is made by the editorial board.

10. After the editorial board has made a decision on the admission of the article to publication, Deputy. the editor-in-chief informs the author about this and indicates the publication time

11. Reviews are stored for at least 5 years in paper and electronic versions and can be provided to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation upon request.

### **The order of consideration of articles**

1. By submitting an article for publication, the author thereby agrees to post its full text on the Internet on the official websites of the scientific electronic library ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) and “Journal of Bio-Sciences”.

2. Articles are accepted according to the established schedule:

- in No. 1 (February) - until November 1 of the current year;

- in No. 2 (April) - until December 1 of the current year;

- in No. 3 (June) - until February 1 of the current year;

- in No. 4 (August) - until March 1 of the current year;

- in No. 5 (October) - until April 1 of the current year;

- in No. 6 (December) - until May 1 of the current year.

In exceptional cases, by agreement with the editorial board, the deadline for submitting an article to the next issue may be extended by no more than three weeks.

3. Received articles are considered by the editorial board within a month.

4. The editorial board is authorized to send the article for additional reviewing.

5. The editorial board is authorized to carry out scientific and literary editing of the received materials, if necessary, reduce them in agreement with the author, or, if the subject of the article is of interest to the journal, send the article to the author for revision.

6. The editorial board reserves the right to reject an article that does not meet the established design requirements or the subject of the journal.

7. In case of rejection of the submitted article, the editorial board gives the author a reasoned opinion.

8. The author(-s) within 7 days receive a notification about the received article. A month after the registration of the article, the editorial office informs the author(-s) about the results of the review and about the plan for publishing the article.

Detailed information on the design of articles can be obtained by e-mail: [nikulina@igsha.ru](mailto:nikulina@igsha.ru) tel. 8 (3952) 2990660, 89500885005.

## Образец оформления статьи автором (ами)

DOI – заполняет технический редактор

УДК 631.95:001.8 (571.53) - 12

Научная статья - 12

### СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ АГРОЭКОЛОГИИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ - 14

<sup>1</sup>Н.Н.Дмитриев, <sup>1</sup>А.А. Мартемьянова, <sup>1</sup>Р.В. Замашиков, <sup>2</sup>Е.Ш. Дмитриева – 12

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодёжный,  
Иркутский р-он, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Иркутской области,  
*Пивовариха, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

**Аннотация.** 200-250 слов.

**Ключевые слова:** *агроэкологические исследования, Хуснидинов Шарифзян Кадилович, научная школа, интродукция, плодородие почв –12*

**Для цитирования:** Дмитриев Н.Н. Мартемьянова А.А., Замашиков Р.В., Дмитриева Е.Ш. Становление и развитие научной школы агроэкологии Предбайкалья. 12

**Полностью аннотацию копируют для переводчика!!!**

Научная статья

### СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ АГРОЭКОЛОГИИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ - 14

<sup>1</sup>Н.Н.Дмитриев, <sup>1</sup>А.А. Мартемьянова, <sup>1</sup>Р.В. Замашиков, <sup>2</sup>Е.Ш. Дмитриева – 12

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, *Молодёжный,  
Иркутский р-он, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Иркутской области,  
*Пивовариха, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

**Аннотация.** 200-250 слов.

**Ключевые слова:** *агроэкологические исследования, Хуснидинов ШарифзянКадилович, научная школа, интродукция, плодородие почв.12*

**Для цитирования:** Дмитриев Н.Н. Мартемьянова А.А., Замашиков Р.В., Дмитриева Е.Ш. Становление и развитие научной школы агроэкологии Предбайкалья. *Научно-практический журнал “ВестникИрГСХА”* 12

**Это выполняет автор(ы) согласно вышеуказанных рекомендаций!!!**

**Текст статьи 14 шрифт/1 интервал**

**Введение.** Иркутская область обладает огромными территориями, которые занимают лесные угодья. Часть земель региона используется для возделывания сельскохозяйственных культур народнохозяйственного назначения...

**Цель** – выяснить и охарактеризовать этапы создания и становления научной школы агроэкологии в Предбайкалье.

**Материалы и методы исследований.** В основу работы положены материалы исследований и разработки ученых Восточной Сибири, выполненные в разные годы, которые являлись основой для становления и развития научно-исследовательской школы по агроэкологии.

**Результаты и их обсуждение.** Научные исследования в области агроэкологии в Восточной Сибири начались с 1935 года XX-го столетия, когда сельское хозяйство региона остро ощущало необходимость разработки и внедрения научно-обоснованной зональной системы земледелия.

**Оформление фотографий, рисунков, таблиц и т.д.**



**Рисунок 1- Встреча с представителями министерства сельского хозяйства и специалистами аграрных предприятий Иркутской области на опытном поле**

**Рисунок 1- Встреча с представителями министерства сельского хозяйства и специалистами аграрных предприятий Иркутской области на опытном поле – это выполняет (ют) автор(ы) для переводчика!**

**Таблица 1 – Элементы структуры урожая ярового овса при одноукосном использовании 12**

**Таблица 1 – Элементы структуры урожая ярового овса при одноукосном использовании 12 - это выполняет (ют) автор(ы) для переводчика!**

Сорт	Озерненность, шт/растение		Кустистость, стеблей/растение		Длина растения, см
	главной метелки	растения	общая	продуктивная	
2019 год					
“Тубинский”	27.3	144.6	6.2	5.7	71.6
“Ужурский”	18.3	60.2	8.0	7.8	68.0
“Сиг”	24.0	73.1	5.7	4.8	74.1
“Краснообский”	29.1	116.2	6.3	4.8	79.9
“Урал 2”	16.6	47.9	4.7	3.4	86.8
“Саян”	25.7	133.1	9.6	7.9	75.0

## **Заключение/выводы.** Фактически ответ на поставленную цель работы.

### **Список литературы – 12 выполняет (ют) автор (ы)**

1. Об охране окружающей среды : *федер. закон* от 10 января 2020 г. № 7-ФЗ // *Российская газета*. – 2020. – 10 янв. – С. 4.
2. Анатолян, А. А. Технологии создания двухвидовых агрофитоценозов с участием новых многолетних кормовых культур и костреца безостого в условиях Предбайкалья / А. А. Анатолян : автореф. дис. ...канд. с-х. наук. – Улан-Уде, 2017. – 17 с.
3. Беме, Р. Л. Птицы лесов и гор СССР. Полевой определитель : пособие для учителей / Р. Л. Беме, А. А. Кузнецов. – 2-е изд. – М. : Просвещение, 1981. – 223 с.
4. Воробьинообразные (Passeriformes L., 1758) в окрестностях пос. Нижний Кочергат (западное побережье оз. Байкал) / Н. Д. Ковалева, А. А. Никулин, Н. А. Никулина, П. В. Дронов // *Вестник ИрГСХА*. – 2021. – Вып.103. – С.74-84. - DOI 10.51215/1999-765-2020-103-74-84.
5. Иванов, А. И. Каталог птиц СССР / А. И. Иванов. – Л.: Наука, 1976. – 274 с.  
[Воробьинообразные (Passeriformes L., 1758) в окрестностях по. Нижний Кочергат (западное по

### **References 12 выполняет (ют) автор (ы) это выполняет (ют) для переводчика!**

1. Federal'nyj Zakon ot 10 janvarja 2020 N 7-FZ Ob ohrane okruzhajushhej sredy [*Федеральный Закон* от 10 января 2020 N 7-ФЗ Об охране окружающей среды] Rossijskaja gazeta, 2020, 10.01, p. 4.
2. Anatolyan, A.A. Tekhnologii sozdaniya dvukh vidovykh agrofitotsenozov s uchastiyem novyx mnogoletnikh kormovykh kul'tur i kostretsa bezostogo v usloviyakh Predbaykal'ya – программы translit.ru [Технологии создания двух видовых агрофитоценозов с участием новых многолетних кормовых культур и костреца безостого в условиях Предбайкалья – это для переводчика!]. Cand. Dis. Thesis, Ulan-Ude, 2017, 17 p.
3. Beme, R.L., Kuznecov, A.A. Pticy lesov i gor SSSR. Polevoj opredelitel' [Птицы лесов и гор СССР: Полевой определитель.]. Moscow: Prosveshhenie, 1981, 223 p.
4. Kovaleva N.D., Nikulin A.A., Nikulina N.A., Dronov P.V. Vorob'inoobraznye (Passeriformes L., 1758) v okrestnostjakh po. Nizhnij Kochergat (zapadnoe poberezh'e oz. Bajkal berezh'e оз. Байкал). Vestnik IrGSHA, 2021, no.103, pp.74–84.
5. Ivanov A.I. Katalog ptic SSSR [Catalog of birds of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1976, 274 p.

**Это заполняет зам. редактора или ответственный секретарь!**

История статьи/ Article history: - 12

Дата поступления в редакцию/ Received:- 12

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: -12

Дата принятия к печати / Accepted: - 12

**Заполняется автором (ами)!**

**Сведения об авторе(ах) -12**

Демидович Александр Петрович – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и экологии Института управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований – экология наземных позвоночных и их роль в экосистемах Восточной Сибири; экология птиц и млекопитающих в трансформированных ландшафтах Прибайкалья. Является автором более 100 научных публикаций, соавтором “Красной книги” Иркутской области (2010 и 2020 годов). **Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный; e-mai: aldemid@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7831-7161>

**Это для переводчика!!!**

**Сведения об авторе(ах) 12**

Демидович Александр Петрович – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и экологии Института управления природными ресурсами-факультет охотоведения имени В.Н. Скалона, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований – экология наземных позвоночных и их роль в экосистемах Восточной Сибири; экология птиц и млекопитающих в трансформированных ландшафтах Прибайкалья. Является автором более 100 научных публикаций. Соавтором “Красной книги” Иркутской области (2010 и 2020 годов).

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный; e-mai: aldemid@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7831-7161>.

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**  
**“ВЕСТНИК ИРГСХА”**

**Выпуск 6 (125)**  
**декабрь**

**Технический редактор – М.Н. Полковская**  
**Литературный редактор – В.И. Тесля**  
**Перевод – С.В. Швецовой**

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Дата выхода: 25.12.2024

Подписано в печать 19.12.2024

Усл. печ. л. 10.

Тираж 300. Заказ № 3242

Цена свободная.

Адрес редакции, издателя, типографии:  
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный,  
Главный корпус ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.