Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА» ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Приглашаем к сотрудничеству ученых высшей школы и научно-исследовательских институтов, руководителей и специалистов организаций, работающих в агропромышленном комплексе и областях, связанных с агрономией, мелиорацией, биологией, охраной окружающей среды.

Ждем от вас статей, в которых рассматриваются вопросы, связанные с проблемами в агрономии и мелиорации, биологии и охране природы.

По вопросам, связанным с изданием Научно-практического журнала «Вестник ИрГСХА» ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, обращаться:

664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный

т. 8(3952)237330, 89500885005, e-mail: nikulina@igsha.ru

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

ISSN 1999-3765

Научно-практический журнал

«ВЕСТНИК ИрГСХА»

выпуск 5(136) ноябрь

Scientific and practical journal

“Vestnik IrGSHA”

Volume 5(136) November



Молодежный - Иркутск
2026

Научно–практический журнал

“Вестник ИрГСХА”

2026 Выпуск 5 (136)

Scientific and practical journal

“Vestnik IrGSHA”

2026 Volume 5 (136)

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 – 3765–2026–136

Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”, 2026, выпуск 5 (136), ноябрь.
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: В.О. Саловаров, д.б.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., **Е.Г. Худоногова**.
Иные организации Россия: **М.А. Раченко,** д.с.–х.н., СИФИБР, г. Иркутск: **Е.Н. Седов** д.с.–х.н. Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловский р–н, Орловская обл.; **Р.Б. Темираев**, д.с.–х.н. Северо–Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, г. Владикавказ; **Л.М. Белова**, д.б.н. Санкт–Петербургская академия ветеринарной медицины, г. Санкт–Петербург; **Ю.Н. Литвинов,** д.б.н. Институт систематики и экологии животных СО РАН, г.Новосибирск; **Г.Н. Сидоров**, д.б.н. Омский педагогический университет, г. Омск; **С.В. Пыжьянов,** д.б.н. ИГУ, г. Иркутск; **С.В. Попов,** д.б.н. Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Республика Бурятия, г. Улан–Удэ; **Л.П. Байкалова,** д.с.–х.н., ФГБОУ ВО “Красноярский государственный аграрный университет”, г. Красноярск;
Республика Армения: **А.О. Тадевосян,** д.б.н. Институт проблем гидропоники им. Г.С.Давтяна, Национальная академия наук, РА, г. Ереван;
Республика Беларусь: **И.П. Козловская,** д.с–х.н. Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь;
Республика Казахстан: **Р.А. Арынова,** д.б.н. Казахский научно–исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности, г. Нур–Султан;
Республика Монголия: **Очирбат Гэндэнгийа Зюодийнхэний,** д.б.н. Монгольский государственный сельскохозяйственный университет;
Южная Корея: **Йонг–Шик Ким**, д.б.н., университет Ённам, г. Тэгу.
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 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, 2026, ноябрь

Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”. 2026, 5 (136), November.
Published by decision of the Academic Council of the Irkutsk State Agricultural Academy since November 26, 1996.
Editor–in–Chief: **V.I. Solodun.** Doctor of Agricultural Sciences
Deputy Editor–in–Chief: **N.A**. **Nikulina,** Doctor of Biological Sciences
Executive Secretary: **V.O. Salovarov,** Doctor of Biological Sciences
Members of the Editorial Board: FSBEI HE “Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky”: N.N. **Dmitriev**, Doctor of Agricultural Sciences, **D.F. Leontiev,** Doctor of Biological Sciences, **R.A. Sagirova**, Doctor of Agricultural Sciences, **E.G. Khudonogova**, Doctor of Biological Sciences.
Other organizations: Russia: **M.A**.**Rachenko**, Doctor of Agricultural Sciences, SIPPB, Irkutsk; **E.N. Sedov**, Doctor of Agricultural Sciences. All–Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina village, Oryol district, Oryol region; **R.B. Temiraev**, Doctor of Agricultural Sciences. North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov, Vladikavkaz; **L.M. Belova**, Doctor of Biological Sciences. St. Petersburg Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg; **Yu.N. Litvinov**, Doctor of Biological Sciences. Institute of Animal Taxonomy and Ecology SB RAS, Novosibirsk; **G.N. Sidorov**, Doctor of Biological Sciences. Omsk Pedagogical University, Omsk, **S.V**. **Pyzhyanov,** Doctor of Biological Sciences ISU, Irkutsk; **S.V. Popov,** Doctor of Biological Sciences Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Republic of Buryatia, Ulan–Ude; **L.P. Baykalova**, Doctor of Agricultural Sciences FGBOU IN Krasnoyarsk State University, Krasnoyarsk;
Republic of Armenia: **A.O. Tadevosyan,** Doctor of Biological Sciences. Institute of Hydroponics Problems named after G.S. Davtyan, National Academy of Sciences, RA, Yerevan;
Republic of Belarus: **I.P. Kozlovskaya,** Doctor of Agricultural Sciences. Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic;
Republic of Kazakhstan: **R.A**. **Arynova**, Doctor of Biological Sciences. Kazakh Research Institute of Food and Processing Industry, Nur–Sultan;
Republic of Mongolia: **Ochirbat Gendengiya Zyuodiinkhenii**, Doctor of Biological Sciences. Mongolian National Agricultural University;
Republic of Korea: **Yong–Shik Kim**, Doctor of Biological SciencesYeungnam University, Daegu.

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” – ПН274.
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 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 Dgree 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, 2026, November

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ. МЕЛИОРАЦИЯ

Власова А.А., Рожмина Т.А. Динамика роста коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Смоленской области 6

Иваньо Я.М., Петрова С.А. Оценка изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур для разных условий деятельности предприятия 15

Зайцев А.М., Кео Удом К. Влияние приемов обработки на плотность почвы и урожайность сои в лесостепи Предбайкалья 25

Ли И, Бурлов С.П., Большешапова Н.И. Отношения между gastrodia elata и armillaria mellea применение в культивировании 34

Пак Т.С., Михайлова С.И., Сучкова С.А., Абзалтденов Т.З. Экологические аспекты использования подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) 44

Подшивалова А.К., Бахолдина Е.А. Термодинамическая оценка влияния известкования почв на активность компонентов макроудобрений 56

Половинкина С.В., Гарина Е.И. Основы формирования топиарных форм *Acer ginnala* (Maxim) 65

Полковская М.Н. Применение многоуровневых моделей для оценки изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Иркутской области 75

Сухарева Л.В., Рассохина И.И., Платонов А.В. Влияние препарата «Онежский» на химический состав зерна ячменя 85

БИОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ

Адонина Н.П., Комарова О.В., Одинцов А.Н. Опыт интродукции *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета 92

Ербаева М.А., Алексеева Н.В. Фауна мелких млекопитающих местонахождения “Ножий” как индикатор природной среды позднего плейстоцена Восточного Забайкалья 106

Ильенко Н.Б., Мартемьянова А.А. Ихтиофауна водоемов Забайкальского края 125

Сизых А.П., Воронин В.И., Еникеев А.Г. Формирование лесов на постаграрных степных территориях юго-западного Забайкалья 137

Шеметова И.С. Модульное озеленение в условиях Предбайкалья 152

CONTENS

AGRONOMY. MELIORATION

Vlasova A. A., Rozhmina T. A. Dynamics of the growth of collectible flax samples under the conditions of the smolensk region 6

Ivanyo Ya. M., Petrova S.A. Assessing crop yield variability under varying operational conditions for an agricultural enterprise 15

Zaytsev A.M., Keo Udom K. Influence of tillage practices on soil bulk density and soybean yield in the forest-steppe zone of the Pre-Baikal region 25

Li I, Burlov S.P., Bolsheshapova N.I. The relationship between gastrodia elata and Armillaria mellea: applications in cultivation 34

Pak T.S., Mikhailova S.I., Suchkova S.A., Abzaltdenov T.Z. Environmental aspects of sunflower use (*Helianthus annuus* L.) 44

Podshivalova A.K., Bakholdina E.A. Thermodynamic assessment of the effect of soil liming on the activity of macronutrient components 56

Polovinkina S.V., Garina E.I. Basics of forming topiary forms *Acer ginnala* (Maxim) 65

Polkovskaya M.N. Application of multilevel models to assess crop yield variability in the Irkutsk region 75

Sukhareva L.V., Rassokhina I.I., Platonov A.V. Effect of the "Onezhsky" preparation on the chemical composition of grain and barley productivity 85

BIOLOGY. NATURE PROTECTION

Adonina N. P., Komarova O. V., Odintsov A. N. *Pseudotsuga menziesii* (mirb.) franco in the collection of the botanical garden of Saint-Petersburg state forest technical university 92

Yerbayeva M.A., Alekseeva N.V. The fauna of small mammals in the “Nozhiy” locality as an indicator of the late Pleistocene natural environment of Eastern Trans-Baikal territory 106

Ilyenko N.B, Martemyanova A. A. Ichthyofauna of reservoirs on the Trans-Baikal territory 125

Sizykh A.P., Voronin V.I., Enikeev A.G. Formation of forests on post-agrarian steppe territories of South-Western Trans-Baikal 137

Shemetova I.S. Modular landscaping in the conditions of the Pre-Baikal region 152

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА” 2026; 5 (136): 6-14
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA” http://vestnik.irsau.ru

АГРОНОМИЯ. МЕЛИОРАЦИЯ

AGRONOMY. MELIORATION

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–6–14

УДК 633.521:581.4

Научная статья

ДИНАМИКА РОСТА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Власова, Т.А. Рожмина

ФГБНУ “Федеральный научный центр лубяных культур”, *г. Тверь, Россия*

Аннотация. Необходимость оценить динамику роста коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Смоленской области и выделить формы, представляющие интерес для дальнейшего селекционного изучения послужило целью исследований. В анализ включены 24 образца мировой коллекции льна-долгунца, включая сорта и селекционные линии, а также кряжевые формы. Полевые наблюдения проводили в 2025 г. на дерново-подзолистой почве. Высоту растений измеряли на десяти растениях каждого образца через каждые два дня с 3 по 21 июня; отдельно зафиксирована высота растений в фазу ранней жёлтой спелости. Для сопоставления образцов рассчитаны средняя высота на первую и последнюю даты учёта, абсолютный прирост за период и относительный прирост по отношению к высоте на 3 июня. Средняя высота на 21 июня варьировала от 56.81 см у Д-5 до 105.34 см у “Атланта”. Наибольший абсолютный прирост отмечен у “Атланта” — 90.57 см; далее следовали “Оршанский 2” — 69.04 см и “Призыв 81” — 60.84 см. Наименьший прирост установлен у Д-5 — 44.13 см. В фазу ранней жёлтой спелости высота варьировала от 68.2 см у v-8744-10 до 120.0 см у “Атланта”. Результаты показывают выраженную изменчивость коллекционного материала по ростовым признакам. “Атлант” выделился по высоте и абсолютному приросту; “Оршанский 2” и “Призыв 81” также характеризовались высокими значениями прироста. Эти показатели могут использоваться для предварительной характеристики образцов, однако сами по себе не подтверждают скороспелость, урожайность или качество волокна. Для выводов о селекционной ценности по качеству волокна необходимы отдельные технологические анализы.

Ключевые слова: лён-долгунец, коллекционные образцы, динамика роста, высота растений, абсолютный прирост, относительный прирост, ранняя жёлтая спелость, исходный материал, селекция.

Для цитирования: Власова А.А., Рожмина Т.А. Динамика роста коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Смоленской области. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 6–14. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–6–14.

2026; 5 (136): 6-14 **Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”**
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

Research article

DYNAMICS OF THE GROWTH OF COLLECTIBLE FLAX SAMPLES UNDER THE CONDITIONS OF THE SMOLENSK REGION

Anastasia A. Vlasova, Tatiana A. Rozhmina

FSBSI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, *Tver, Russia*

Abstract. The aim of the research was to assess the growth dynamics of collectible flax samples under conditions in the Smolensk region and identify varieties of interest for further breeding studies. The analysis included 24 samples from a world collection of flax, including varieties, breeding lines, and ridge forms. Field observations were carried out in 2025 on sod-podzolic soil. The height of ten plants per sample was measured every two days from June 3 to June 21; the plant heights during the early yellow ripeness phase were recorded separately. To compare the samples, the average height for the first and last recording dates, the absolute increase for the period, and the relative increase compared to the height as of June 3 were calculated. The average height on June 21 ranged from 56.81 cm in D-5 to 105.34 cm in Atlanta. The largest absolute increase was noted in Atlanta at 90.57 cm, followed by Orshansky 2 at 69.04 cm and Prisyv 81 at 60.84 cm. The smallest increase was found in D-5 at 44.13 cm. During the early yellow ripeness phase, heights ranged from 68.2 cm in v-8744-10 to 120.0 cm in Atlas. The results show pronounced variability of the collection material regarding growth characteristics. Atlanta stood out in terms of height and absolute growth; Orshansky 2 and Prisyv 81 were also characterized by high growth rates. These indicators can be used for the preliminary characterization of samples; however, they do not inherently confirm precocity, yield, or fiber quality. Separate technological analyses are required to draw conclusions about the breeding value of fiber quality. The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center for Bast Crops" (Topic No. FGSS-2024-0005).
Keywords: Long-lived flax, collection samples, growth dynamics, plant height, absolute increase, relative increase, early yellow ripeness, source material, and breeding.

For citation: Vlasova A. A., Rozhmina T. A. Dynamics of the growth of collectible flax samples under the conditions of the smolensk region. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”*. 2026;5 (136): 6–14. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–6–14.

Введение. Лён-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является стратегической технической культурой Российской Федерации. Продукция льноводства — длинное и короткое волокно — используется для производства высококачественных тканей, нетканых материалов и медицинских изделий [1, 2]. В последние годы наблюдается устойчивый рост требований текстильной промышленности к качественным характеристикам волокна: его прочности, гибкости, тонине и равномерности [3, 16]. Это обусловливает необходимость создания новых специализированных сортов с улучшенными параметрами, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Смоленская область — один из традиционных и благоприятных регионов для возделывания льна-долгунца в России. В советский период здесь сосредоточивалось до 17 % посевных площадей культуры в стране, что подтверждает высокий природный потенциал региона. Почвенный покров области представлен преимущественно дерново-подзолистыми почвами, которые в зависимости от конкретного района различаются по степени

окультуренности, гранулометрическому составу и агрохимическим показателям. Наиболее благоприятные для льна участки имеют слабокислую реакцию (pH KCl 5.2–5.6) и содержание гумуса не менее 2.0–2.5 %, однако на значительных площадях почвы требуют известкования и внесения удобрений. Именно систематическое окультуривание почв в советский период позволяло получать высокие и стабильные урожаи.

В постсоветские годы произошло резкое сокращение масштабов льноводства: уменьшились посевные площади, ухудшилась материально-техническая база, снизилось финансирование отрасли, прекратились плановые мероприятия по известкованию и внесению удобрений. В результате продуктивность льноводства в регионе снизилась, что связано не с утратой природного потенциала, а с комплексом социально-экономических и агротехнических причин. В настоящее время, на фоне возрождения отрасли, особую значимость приобретает селекция на адаптивность: в условиях меняющегося климата и вариабельности почвенных условий по годам сорт должен сохранять способность формировать высококачественное волокно, нивелируя влияние стрессовых факторов [4, 18].

Создание сорта — процесс длительный и трудоёмкий. На начальных этапах селекции, когда в руках исследователя находятся сотни и тысячи гибридных номеров, возникает острая необходимость в быстрых и достоверных методах оценки, позволяющих уже на ранних стадиях развития растений отсеивать заведомо неперспективные формы. Традиционные технологические анализы — определение номера волокна, разрывной нагрузки, гибкости и расчёт относительной разрывной нагрузки пряжи (ОРНр) — требуют выращивания растений до полной спелости, выделения волокна и проведения сложных лабораторных испытаний, что занимает много времени и ресурсов [2,15].

Качество льноволокна для прядения определяется прежде всего прочностью, гибкостью и тониной, которые сводятся в расчётную величину — относительную разрывную нагрузку пряжи (ОРНр) [10, 13]. Содержание волокна отвечает за то, сколько волокна даст растение, а не за то, какое оно. Прямая оценка этих свойств возможна только на выделенном волокне, однако ряд морфологических признаков растения связан с ними косвенно. Высота растений и темпы её прироста в период "ёлочка"–бутонизация рассматриваются в селекции льна-долгунца как косвенные признаки, связанные с длиной стебля и потенциальным выходом длинного волокна: хорошее волокно даёт лён при длине стеблей от 70 см и выше [8, 19]. Чем интенсивнее растение наращивает вегетативную массу в этот период, тем больше вероятность формирования полноценного стебля с высоким содержанием волокна [8, 11]. В то же время вопрос о том, насколько динамика вегетации может служить критерием предварительного отбора для селекции на качество волокна у образцов различного эколого-географического происхождения, остаётся недостаточно изученным.

Стоит отметить, что в проанализированной научной литературе не так много работ, где на большом коллекционном материале и в конкретных условиях Смоленской области оценивалась бы динамика вегетации образцов различного эколого-географического происхождения в увязке с задачами селекции на качество волокна [14, 17].

Цель — оценить динамику роста коллекционных образцов льна-

долгунца в период с 3 по 21 июня и сопоставить полученные показатели с высотой растений в фазу ранней жёлтой спелости.

Задачи:

- оценить изменение высоты растений 24 образцов льна-долгунца в период с 3 по 21 июня;
- сравнить образцы по средней высоте и абсолютному и относительному приросту;
- выделить образцы, заслуживающие дальнейшего изучения по комплексу ростовых признаков.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2025 г. в ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных культур" в Смоленской области. Объектом служили 24 образца мировой коллекции льна-долгунца различного эколого-географического происхождения, включая сорта, селекционные линии и кряжевые формы. В качестве стандартов использовали сорта "Оршанский 2" и "Славный 82", относимые соответственно к 1-й и 4-й группам прядильной способности льноволокна [6, 10].

Закладку питомников и оценку коллекционных образцов осуществляли в соответствии с методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству льна-долгунца [9]. Образцы высевали рядовым способом с междурядьями 7.5 см, площадь делянки 1 м², повторность 3-кратная, норма высева из расчёта 22 млн. всхожих семян на 1 га. Расположение делянок в опыте рандомизированное.

Почва опытного участка — дерново-подзолистая среднесуглинистая, с содержанием гумуса 2.2 %, повышенным содержанием подвижного фосфора (по Кирсанову) — 100…130 мг/кг и средней обеспеченностью обменным калием (по Кирсанову) — 80…120 мг/кг, реакция почвенного раствора слабокислая (pH KCl 5.2…5.6). Вегетационный период 2025 г. по погодным условиям в целом был близок к среднемноголетним значениям, однако в июне–июле отмечался недостаток влаги (ГТК = 0.7).

Динамику высоты оценивали по индивидуальным измерениям растений с 3 по 21 июня 2025 г. с интервалом в два дня (10 дат). В таблицу включены средние значения высоты на 3 и 21 июня, абсолютный прирост за период, относительный прирост и отдельно зафиксированная высота в фазу ранней жёлтой спелости. Абсолютный прирост рассчитывали как разность средней высоты 21 июня и 3 июня; относительный прирост — как отношение абсолютного прироста к средней высоте 3 июня, умноженное на 100 %. Средние значения рассчитывали по десяти индивидуальным измерениям, где они были внесены в исходную таблицу. Статистическую обработку проводили методами описательной статистики в MS Excel; дисперсионный анализ и оценку статистической значимости различий не выполняли [5, 12].

Результаты и обсуждение. Данные измерений за период с 3 по 21 июня показывают заметную изменчивость образцов по высоте растений. На 21 июня средняя высота варьировала от 56,81 см у Д-5 до 105,34 см у "Атланта"; разница между крайними значениями составляла 48,53 см. Второе по высоте значение отмечено у "Оршанского 2" — 82.24 см, затем у "Призыва 81" — 76.93 см. Значения приведены по среднему из десяти индивидуальных измерений каждого образца.

Для сопоставления динамики роста рассчитаны абсолютный и относительный приросты за 18 дней (таблица). Абсолютный прирост отражает прибавку высоты в сантиметрах, тогда как относительный показывает эту прибавку по отношению к исходной высоте 3 июня. Поскольку относительный показатель зависит от исходного значения, при интерпретации результатов основное внимание уделяли абсолютному приросту и конечной высоте на дату учёта.

Таблица **– Показатели роста 24 коллекционных образцов льна-долгунца в 2025 г.**
Table **– Growth rates of 24 collectible flax samples in 2025**

Образец	Средняя высота 03.06, см	Средняя высота 21.06, см	Абсолютный прирост 03–21.06, см	Относительный прирост 03–21.06, %	Высота в фазу ранней жёлтой спелости, см
Атлант	14.77	105.34	90.57	613.22	120.0
v-8744-10	11.06	57.23	46.17	417.45	68.2
ТМР 1920	13.12	67.45	54.33	414.10	80.7
Антей	15.13	71.27	56.14	371.05	86.5
Могилевский	12.52	63.91	51.39	410.46	76.4
Оршанский 2 (стандарт)	13.20	82.24	69.04	523.00	95.4
Универсал	13.86	68.47	54.61	394.01	82.4
Д-5	12.68	56.81	44.13	348.03	69.5
Порховский кряж	13.01	58.08	45.07	346.43	71.1
Славный 82 (стандарт)	12.66	60.00	47.34	373.93	72.7
Z-61783-81	13.15	61.17	48.02	365.17	74.4
Evea	14.85	62.73	47.88	322.40	91.7
Тост 3	14.89	65.58	50.69	340.43	80.5
Львовский 1	13.26	59.74	46.48	350.53	72.9
Левит 1	12.99	62.03	49.04	377.52	75.0
Alizee	14.15	61.91	47.76	337.53	76.0
Факел	13.48	59.68	46.20	342.72	73.2
Призыв 81	16,09	76,93	60,84	378,13	93,0
Светоч	17,39	69,03	51,64	296,94	86,4
Пыталовский кряж	15,67	64,57	48,90	312,06	80,3
Л.93-2	12,92	64,56	51,64	399,69	77,6
Воткинский кряж	14,77	65,60	50,83	344,14	80,4
Алексим	13,60	62,16	48,56	357,06	75,8
Александрит	11,97	67,03	55,06	459,98	78,9

Наибольший абсолютный прирост за период 3–21 июня выявлен у "Атланта" — 90.57 см. Высокие значения также отмечены у "Оршанского 2" (69.04 см) и "Призыва 81" (60,84 см). Далее следовали Антей (56,14 см), "Александрит" (55.06 см), "Универсал" (54.61 см) и "ТМР 1920" (54.33 см). Наименьший прирост наблюдался у "Д-5" (44.13 см), "Порховского кряжа" (45.07 см) и "Факела" (46.20 см).

Относительный прирост, рассчитанный по формуле $(H_{21} - H_3) / H_3 \times 100$ %, составил от 296,94 % у "Светоча" до 613.22 % у "Атланта". Высокие значения относительного прироста указывают на значительное увеличение

высоты по сравнению с начальным уровнем, но не должны интерпретироваться изолированно: при меньшей исходной высоте тот же абсолютный прирост может давать более высокий относительный процент.

Сопоставление стандартов показывает, что “Оршанский 2” имел среднюю высоту 82.24 см на 21 июня и абсолютный прирост 69.04 см, тогда как “Славный 82” достиг 60.00 см при приросте 47.34 см. Таким образом, в данном наборе измерений “Оршанский 2” превосходил “Славный 82” по обоим показателям роста. Дисперсионный анализ не проводился, поэтому различия описываются как численные, без утверждений об их статистической значимости.

Высота в фазу ранней жёлтой спелости также заметно различалась между образцами: минимальное значение указано для v-8744-10 (68.2 см), максимальное — для “Атланта” (120.0 см). Низкие значения также отмечены у “Д-5” (69.5 см) и “Порховского кряжа” (71.1 см). Среди образцов с более высокой высотой в эту фазу выделялись “Оршанский 2” (95.4 см), “Призыв 81” (93.0 см), “Evea” (91.7 см), “Светоч” (86.4 см) и “Антей” (86.5 см).

Показатели на 21 июня и в фазу ранней жёлтой спелости описывают разные точки наблюдения и не должны смешиваться. Например, у “Evea” средняя высота на 21 июня составляла 62.73 см, а высота в фазу ранней жёлтой спелости — 91.7 см; у “Тост 3” соответствующие значения равнялись 65.58 и 80.5 см. Эти различия отражают разницу между датой календарного учёта и отдельным учётом по фазе развития, но без дат наступления фаз не позволяют количественно оценить продолжительность периода до спелости.

По комплексу ростовых показателей наиболее заметно выделяется “Атлант”: максимальная средняя высота на 21 июня (105.34 см), абсолютный прирост (90,57 см) и высота в фазу ранней жёлтой спелости (120.0 см). “Оршанский 2“ и “Призыв 81“ также характеризовались сравнительно высокими абсолютными приростами и высотой в фазу ранней жёлтой спелости. Эти образцы могут быть включены в дальнейшее сравнительное изучение.

Вместе с тем ростовые признаки не дают достаточных оснований для прямого вывода о качестве волокна, урожайности или скороспелости. Высота и её прирост характеризуют прежде всего динамику формирования стебля. Для оценки качества волокна необходимы технологические показатели, а для оценки скороспелости — данные о сроках наступления фенологических фаз. Урожайность и выход волокна в представленном наборе данных не измерялись.

Результаты следует рассматривать с учётом ограничений исследования: анализ охватывает один год и один регион, а обработка ограничена описательной статистикой. Полученные различия полезны для первичного описания коллекционного материала и планирования последующих испытаний, но не заменяют повторные полевые наблюдения и технологическую оценку волокна.

Заключение. По данным измерений 24 коллекционных образцов льна-долгунца в Смоленской области в 2025 г. средняя высота растений на 21 июня изменялась от 56.81 см у Д-5 до 105.34 см у “Атланта“. Абсолютный прирост за период с 3 по 21 июня составил от 44.13 см у Д-5 до 90.57 см у “Атланта“. Наибольшие значения абсолютного прироста после “Атланта“

отмечены у "Оршанского 2" (69.04 см) и "Призыва 81" (60.84 см). Высота в фазу ранней жёлтой спелости варьировала от 68.2 см у v-8744-10 до 120.0 см у "Атланта". Эти результаты подтверждают выраженную изменчивость коллекционного материала по ростовым признакам. "Атлант" выделился по совокупности измеренных показателей роста; "Оршанский 2" и "Призыв 81" также представляют интерес для дальнейшего сравнительного изучения. Относительный прирост составил от 296.94 до 613.22 %, однако этот показатель зависит от исходной высоты и поэтому должен рассматриваться совместно с абсолютным приростом. Данные позволяют использовать динамику роста как один из признаков предварительной характеристики коллекционных образцов. Однако на основании этих измерений нельзя делать окончательные выводы о скороспелости, урожайности или качестве волокна. Для подтверждения селекционной ценности необходимы повторные испытания, учёт сроков наступления фенологических фаз и отдельная технологическая оценка волокна.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных культур" (тема № FGSS-2024-0005).

Список литературы

1. Басова, Н.В. Производство и переработка лубяных культур в России как элемент импортозамещения / Н.В. Басова, Э.В. Новиков, А.В. Безбабченко / АПК: экономика, управление. - 2022. - № 8. - С. 71–78. DOI: 10.33305/228-71.

2.Виноградова, Т.А. Влияние особенностей сортов льна-долгунца на результаты переработки льнотресты различного качества/ Т.А. Виноградова, Т.А. Кудряшова, Н.Н. Козьякова // Вестник Ульяновской ГСХА. - 2023. - № 4 (64). - С. 21–28. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-4-21-28.

3.Власова, А.А. Качество волокна льна-долгунца: сортовой портрет и сравнительная характеристика генотипов / А.А. Власова, Т.А. Рожмина// Устойчивое сельское хозяйство: технологии будущего// Матер.Всеросс. школы-конф. для молодых ученых в рамках деятельности НЦМУ "Центр современной селекции сельскохозяйственных растений" (Краснодар, 22–23 апреля 2026 г.). Воронеж: Строки, 2026. - С. 67–72. DOI: 10.33775/conf-2026-67-72.

4.Внутривидовое разнообразие льна культурного (Linum usitatissimum L.) и его роль в решении сырьевого обеспечения страны / Т.А. Рожмина, А.И. Рыжов, И.А. Куземкин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. - 2017. - Т. 31. - № 12. - С. 17–20.

5.Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)/ Б.А. Доспехов - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

6.Дудина, А.Н. Корреляционные связи между содержанием волокна, его качеством и показателями анатомического строения стебля льна / А.Н. Дудина// Почва, сорт, агротехника// Киров: Книж.изд-во, 1994. - С. 105–109.

7.Использование мировых генетических ресурсов льна коллекции ВИР в создании сортов томской селекции / Г.А. Попова, Г.А. Мичкина, Н.Б. Рогальская [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2015. - Т. 176. - № 1. - С. 76–87. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-76-87.

8.Льноводство // М.: Колос, 1967. - 583 с.

9.Павлова, Л.Н. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца : методические указания. Тверь : Тверской государственный университет, 2014. -140 с.

10.Поиск перспективных генотипов льна-долгунца с высоким качеством волокна / Т.А. Рожмина, Н.В. Мельникова, А.А. Дмитриев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. - 2024. - Т. 38. - № 10. - С. 70–75. DOI: 10.53859/02352451_2024_38_10_70.

11.Разработка методических подходов к оценке качества льноволокна на первых этапах селекционного процесса / Т.А. Рожмина, Н.В. Мельникова, А.А. Дмитриев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. - 2026. - Т. 40. - № 1. - С. 12–18. DOI:

10.53859/02352451_2026_40_1_12.

12.Роль генофонда льна в получении конкурентоспособного волокнистого сырья многоцелевого назначения / Т.А. Рожмина, Л.Н. Павлова, И.А. Куземкин [и др.] // Труды Кубанского ГАУ. - 2015.- № 54. - С. 263–267.

13.Тихвинский, С.Ф. Изучение качества прядильного льна/ С.Ф. Тихвинский - Л.: Колос, 1978. - 111 с.

14.Хлопов, А.А. Анатомическое строение стебля и качество волокна новых отечественных сортов льна-долгунца (Linum usitatissimum) в условиях Кировской области /А.А. Хлопов, Е.С. Лыбенко, Т.А. Леконцева и др. // Вестник Алтайского ГАУ. - 2008. - № 12 (50). - С. 23–27.

15.Шушкин, А.А. Технологическая оценка селекционных сортов льна-долгунца/ А.А.Шушкин - М.: Ростехиздат, 1962. 104 с.

16.Ahmad, S. et al. Fibers for technical textiles. Cham: Springer, 2020. - 220 p. DOI: 10.1007/978-3-030-49224-3.

17.Dudarev, I.A review of fibre flax harvesting: conditions, technologies, processes and machines // Journal of Natural Fibers. 2022. - Vol. 19, no. 12. - P. 4496–4508. DOI: 10.1080/15440478.2020.1863296.

18.Kiryluk, A., Kostecka J. Pro-environmental and health-promoting grounds for restitution of flax (Linum usitatissimum L.) cultivation // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21, no. 7. P. 99–107. DOI: 10.12911/22998993/125443.

19.Variability of mechanical properties of flax fibres for composite reinforcement. A review / C. Baley, M. Gomina, J. Breard [et al.] // Industrial Crops and Products. - 2020. - Vol. 145. Art. 111984. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111984.

References

1. Basova, N.V. et al. Production and processing of bast crops in Russia as an element of import substitution. Agroindustrial complex: economics, management, 2022, no. 8, pp. 71-78. DOI: 10.33305/228-71.

2.Vinogradova, T.A. et al. The influence of the characteristics of flax varieties on the results of processing flax of various quality. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2023, no. 4 (64), pp. 21-28. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-4-21-28.

3.Vlasova, A.A., Rozhmina, T.A. Quality of flax fiber: a varietal portrait and comparative characteristics of genotypes. Voronezh: Strings, 2026, pp. 67-72. DOI: 10.33775/conf-2026-67-72

4. Intraspecific diversity of cultivated flax (Linum usitatissimum L.) and its role in solving the country's raw material supply. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex, 2017, vol. 31, no. 12, pp. 17-20.

5.Dospekhov, B.A. Methodology field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.

6. Dudina, A.N. Correlations between fiber content, its quality and indicators of the anatomical structure of the flax stem. Soil, variety, agrotechnics, Kirov, 1994, pp. 105-109.

7. The use of the world's genetic resources of flax from the VIR collection in the creation of varieties of Tomsk breeding. Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2015, vol. 176, no. 1, pp. 76-87. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-76-87.

8.Flax growing. Moscow: Kolos, 1967, 583 p.

9.Pavlova, L.N. et al. Selection and primary seed production of flax: methodological guidelines. Tier: Tver State University, 2014, 140 p.

10. Search for promising flax genotypes with high fiber quality. Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex, 2024, vol. 38, no. 10, pp. 70-75. DOI: 10.53859/02352451_2024_38_10_70.

11. Development of methodological approaches to assessing the quality of flax fiber at the first stages of the breeding process. Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex, 2026, vol. 40, no. 1, pp. 12-18. DOI: 10.53859/02352451_2026_40_1_12.

12. The role of the flax gene pool in obtaining competitive fiber raw materials for multipurpose purposes. Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2015, no. 54, pp. 263-267.

13.Tikhvinsky, S. F. Quality study of spinning flax. Leningrad: Kolos, 1978, 111 p.
14.Khlopov, A.A. et al. Anatomical structure of the stem and fiber quality of new domestic flax varieties (Linum usitatissimum) in the conditions of the Kirov region. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2008, no. 12 (50), pp. 23-27.
15.Shushkin, A.A. Technological assessment of breeding flax varieties. Moscow: Rostekhizdat, 1962, 104 p.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:12.10.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:26.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Власова Анастасия Александровна – аспирант лаборатории селекционных технологий ОП НИИЛ Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр лубяных культур" (ФГБНУ ФНЦ ЛК). Область исследований – селекция, семеноводство и биотехнология растений. Автор и соавтор 6 научных публикаций.
Контактная информация: ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных культур". 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский просп., 17/56; e-mail: polskoff2014@mail.ru; ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-4327-6586. SPIN-код: 6972-8611, AuthorID: 1129342.

Рожмина Татьяна Александровна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией селекционных технологий ОП НИИЛ Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр лубяных культур" (ФГБНУ ФНЦ ЛК). Область исследований – селекция, семеноводство и биотехнология растений, изучение генетического потенциала и качества волокна льна-долгунца. Автор свыше 200 научных работ.
Контактная информация: ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных культур". 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский просп., 17/56; e-mail: len_rozhmina@mail.ru.

Information about authors

Anastasia A. Vlasova – Postgraduate student at the Laboratory of Breeding Technologies of separate division of the Scientific Research Institute of Flax of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Bast Crops". Research area – plant breeding, seed production and biotechnology. Author and co-author of 6 scientific publications.
Contact information: FSBSI "Federal Research Center for Bast Fiber Crops". 17/56 Komsomolsky prospect, Tver, 170041, Russia, e-mail: polskoff2014@mail.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-4327-6586. SPIN-код: 6972-8611, Author ID: 1129342.

Tatiana A. Rozhmina – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Breeding Technologies of separate division of the Scientific Research Institute of Flax of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Bast Crops". Research area – plant breeding, seed production and biotechnology, the study of the genetic potential and quality of flax fiber. Author of over 200 of scientific papers.
Contact information: FSBSI "Federal Research Center for Bast Fiber Crops". 17/56 Komsomolsky prospect, Tver, 170041, Russia, e-mail: len_rozhmina@mail.ru.

Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА" **2026; 5 (136): 15-24**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–15–24

УДК 631.559:519.23

Научная статья

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗНЫХ УСЛОВИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Я.М. Иваньо, С.А. Петрова
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского*, п. Молодежный, с.п. Молодежное, муниципальный район Иркутский, Иркутская область, Россия*

Аннотация. В работе предлагается методика оценки динамики урожайности зерновых и кормовых культур, картофеля и овощей для предприятия с учетом особенностей временных рядов как иерархических структур. Иерархия ряда биопродуктивности предполагает анализ всех уровней, локальных экстремумов – последовательностей минимальных и максимальных значений. Такое многоуровневое описание динамики урожайности сельскохозяйственных культур за многолетний период позволяет определять тенденции изменчивости для разных условий работы предприятия, в том числе экстремально неблагоприятных и благоприятных. Предлагается детализация оценки изменчивости урожайности – определение вероятностей наиболее часто наблюдающихся значений, выделение ситуаций с наибольшими потерями и максимальным приростом биопродуктивности, и выявление повторяемости благоприятных и неблагоприятных событий. Сложность применения многоуровневого моделирования, разработанного на кафедре информатики и математического моделирования Иркутского ГАУ, для выявления закономерностей вариации урожайности применительно к сельскохозяйственным предприятиям связано со значительным колебанием метеорологических факторов, их непредсказуемым сочетанием и сильным влиянием редких экстремальных условий. Методика применена для предприятия СХАО "Белореченское", любезно предоставившего данные за 2006–2025 гг. При этом определялась динамика климатических факторов и агроландшафтные особенности исследуемой территории. В частности, показано отсутствие устойчивых тенденций изменения температур воздуха и колебаний осадков за каждый месяц вегетационного периода. Результатом моделирования является оценка повторяемости низких и высоких значений урожайности разных культур, определение наибольших вероятных потерь и вероятного прироста характеристики в очень плохих и очень хороших условиях. Установлено, что даже для стабильно работающего хозяйства с отработанными технологиями производства растениеводческой продукции изменчивость урожайности характеризуется вероятностными свойствами.
Ключевые слова: урожайность, потери, прирост, сельскохозяйственное предприятие, многоуровневое моделирование**,** вероятность.

Для цитирования: Иваньо Я.М., Петрова С.А. Оценка изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур для разных условий деятельности предприятия. *Научно–практический журнал "Вестник ИрГСХА"*. 2026;5 (136): 15–24. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–15–24.

2026; 5 (136): 15-24 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

ASSESSING CROP YIELD VARIABILITY UNDER VARYING OPERATIONAL CONDITIONS FOR AN AGRICULTURAL ENTERPRISE

Yaroslav M. Ivanyo, Sofya A. Petrova
Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky*, Molodezhny, Irkutsk District, Irkutsk Region, Russia*

Abstract. This paper proposes a methodology for assessing the dynamics of crop yields—including grain, forage crops, potatoes, and vegetables—for an agricultural enterprise, treating time series as hierarchical structures. A hierarchical approach to bioproductivity time series involves analyzing all levels of the data, including local extrema—sequences of minimum and maximum values. This multi-level description of crop yield dynamics over a long-term period makes it possible to identify variability trends under various operational conditions, ranging from highly unfavorable to highly favorable. The proposed methodology provides a detailed assessment of yield variability by determining the probabilities of frequently occurring values, identifying scenarios associated with significant losses or maximum gains in bioproductivity, and calculating the frequency of favorable and unfavorable events. The application of this multi-level modeling approach—developed at the Department of Informatics and Mathematical Modeling at Irkutsk State Agraricultural University—to analyze yield variation patterns in agricultural enterprises is complicated by significant fluctuations in meteorological factors, their unpredictable combinations, and the profound impact of rare, extreme conditions. The methodology was applied to the agricultural enterprise AJSC "Belorechenskoye," which kindly provided data covering the period from 2006 to 2025. At the same time, the dynamics of climatic factors and the agrolandscape characteristics of the study area were determined. Specifically, it was shown that there are no consistent trends in air temperature fluctuations or precipitation variations for any given month of the growing season. The modeling results provide an assessment of the frequency of low and high yield values for various crops, as well as a determination of the maximum probable losses and the potential gains in yield under very poor and very favorable conditions, respectively. It has been established that even in a consistently well-performing agricultural operation with established crop production technologies, yield variability follows probabilistic patterns.
Keywords: yield, losses, growth, agricultural enterprise, multilevel modeling, probability.

For citation: Ivanyo Ya. M., Petrova S.A. Assessing crop yield variability under varying operational conditions for an agricultural enterprise. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA".* 2026;5 (136): 15–24. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–15–24.

Введение. Определение изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур имеет значение для управления процессами получения аграрной продукции [3, 4, 14]. Прогнозирование этой характеристики в рамках сезона и многолетнего периода позволяет планировать производство для разных условий, в том числе с учетом рисков, вызванных различными факторами, среди которых особое место занимают климатические [5, 16].

Для моделирования и прогнозирования биопродуктивности предприятия, муниципального образования региона и страны используются разные методы. К ним относятся определение устойчивых тенденций изменчивости урожайности [8]; выявление факторов [6], влияющих на урожайность, оценка внутрирядных связей и др.

В последние годы широко используется дистанционное зондирование Земли, с помощью которого по мониторингу данных об индексах вегетации

осуществляются прогнозы урожая и урожайности разных сельскохозяйственных культур [1, 10]. Интенсивное внедрение искусственного интеллекта в разные сферы человеческой деятельности расширяет возможности применения машинного обучения и нейронных сетей для решения этой задачи [9, 15]. Прогнозирование урожайности разными способами и использование прогнозов для управления производственными процессами требует разработок программного обеспечения [2, 7, 11].

Между тем каждый из применяемых методов имеет достоинства и недостатки. При этом при прогнозировании необходимо учитывать особенности факторов, влияющих на рост и развития культуры.

В этой работе применяется метод многоуровневого моделирования урожайности сельскохозяйственных культур, временной ряд которой рассматривается как взаимосвязанная совокупность составляющих в виде последовательностей локальных минимумов, локальных максимумов и промежуточных значений [7, 8]. Преимуществом этого метода является определения тенденций изменчивости высоких, низких и промежуточных значений ряда, отображающих разные условия деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя. Недостаток метода заключается в том, что временные ряды должны обладать относительно большим объемом (не менее 20-25 значений), поскольку они делятся на три последовательности, уменьшая тем самым достоверность получаемых выводов. Частично, это может исправлено за счет допущения о близких свойствах промежуточной последовательности и всего ряда.

Цель - оценка изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур на предприятии на разных уровнях иерархии временных рядов для выявления тенденций низких, высоких и средних значений и вероятностной оценки редкого прироста и потерь этой характеристики.

Материалы и методы. Для выявления особенностей при моделировании изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур в решении управленческих задач привлечены материалы разных авторов. Рассмотрена агроландшафтная специфика сельскохозяйственной территории и многолетние колебания метеорологических факторов.

Использованы данные об урожайности пшеницы, ячменя, овса, гороха, рапса, сои, однолетних и многолетних трав, картофеля и овощей СХАО "Белореченское" за 2006–2025 годы, предоставленные предприятием. Проанализирован ряд суточных осадков и температур воздуха за вегетационный период по метеостанции Черемхово за 1996–2024 годы.

Применены методы выделения последовательностей локальных минимумов и максимумов из временных рядов биопродуктивности и регрессионного анализа для построения многоуровневых трендов.

Для многоуровневой вероятностной оценки рядов биопродуктивности использован алгоритм построения закона распределения вероятностей по эмпирическим данным с определением вероятностей перехода значений в благоприятные и неблагоприятные события и вычислением наибольших потерь и прироста характеристики.

Результаты и обсуждение. Оценка многолетней изменчивости урожайности разных сельскохозяйственных культур приведена на примере сельскохозяйственного акционерного общества "Белореченское". Ранее

алгоритм многоуровневого моделирования применялся в основном для временных рядов муниципальных районов, агроландшафтных районов, региона и некоторых стран.

Сложностью применения многоуровневого моделирования для предприятий является их непродолжительная деятельность ввиду изменения социально-экономических условий в стране в начале 90-х годов XX в. Рассматриваемое предприятие начало стабильное производство растениеводческой продукции в 2006 году, а выращивания таких культур как соя и рапс насчитывает менее 10 лет.

Сельскохозяйственные угодья предприятия находятся в основном в Усольском и Черемховском районах, которые сосредоточены в Юго-восточном лесостепном агроландшафтном районе [13]. Средняя продолжительность вегетационного периода здесь составляет 120–130 сут., сумма активных температур выше 10^0 С – 1600–1900, средняя продолжительность безморозного периода – 100–120 сут, количество годовых осадков – 170–450 мм, сумма осадков за май–сентябрь – 160-270мм, гидротермический коэффициент увлажнения – 1.4–1.6.

Исследования динамики осадков и температур воздуха за май-сентябрь с 1996 по 2024 годы согласно данным метеостанции Черемхово показывают случайные флуктуации этих характеристик в динамике со средними значениями 315 мм и 13.9^0 С и коэффициентами вариации 0.044 и 0.26. Тренды во временных рядах осадков и температур воздуха не выявлены.

В таблице приведены результаты статистической оценки изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур с помощью многоуровневого моделирования.

Для их получения проведен автокорреляционный анализ рядов, который показал отсутствие значимых первых коэффициентов автокорреляции. Наибольшие значения 0.41 и 0.46 соответствуют урожайности овса и овощей.

Следует также отметить отсутствие значимых многоуровневых трендов в рядах биопродуктивности культур, приведенных в таблице. Исключение составляют последовательности локальных минимумов и максимумов для биопродуктивности овса и овощей при использовании асимптотической и логистической функций. Однако коэффициенты детерминации для всех уровней рядов оказались ниже 0.50.

Отсутствие значимых автокорреляционных связей и трендов предполагает рассмотрение рядов урожайности в виде случайных величин, описываемых с помощью законов распределения вероятностей.

Поэтому для каждого ряда урожайности построена функция распределения с вероятностной оценкой среднего значения ряда (СУ), среднего локальных минимумов (НУ) и локальных максимумов (ВУ). Урожайность этих уровней обозначена y_t,.(ц/га). В четвертом столбце приведены их вероятности p. Другими словами, чаще всего значения урожайности, например, многолетних трав на сено (см. рис.) располагаются между 11.94 и 22.69 ц/га в пределах вероятностей функции распределения p=0.193–0.823. В остальных случаях наблюдаются потери (вероятность p<0.193) и прирост (p<0.177) для плотности вероятностей распределения.

Таблица – **Статистические оценки изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур по результатам многоуровневого моделирования согласно данным СХАО "Белореченское" за 2006-2025 гг.**

Table – **Statistical estimates of crop yield variability based on the results of multilevel modeling, using data from the agricultural joint-stock company "Belorechenskoye" for the period 2006–2025**

Культура	Уровень	y_t, ц/га	p	k	$y_t^{\min} - y_t^{HY}$, ц/га	p	$y_t^{\max} - y_t^{BY}$, ц/га	p
Пшеница	СУ	29.98	0.463		-6.55	0.0113	4.47	0.0030
	НУ	27.36	0.207	4				
	ВУ	32.91	0.196	4				
Ячмень	СУ	26.88	0.406		-9.28	0.0132	3.40	0.0073
	НУ	23.29	0.171	3				
	ВУ	29.01	0.364	7				
Овес	СУ	44.94						
	НУ	33.82	0.341	5	-13.96	0.0097	1.55	0.0068
	ВУ	50.50	0.013	1				
Горох	СУ	17.44	0.469		-10.42	0.0157	6.32	0.0253
	НУ	12.59	0.203	4				
	ВУ	21.92	0.242	5				
Кукуруза на силос	СУ	125.19	0.432		-40.92	0.0157	22.20	0.000126
	НУ	97.60	0.130	2				
	ВУ	144.25	0.219	4				
Однолетние травы	СУ	70.62	0.463		-29.04	0.0089	21.57	0.00065
	НУ	60.98	0.220	4				
	ВУ	80.85	0.232	4				
Многолетние травы на сено	СУ	17.09	0.494		-7.18	0.0236	4.72	0.0422
	НУ	11.94	0.193	4				
	ВУ	22.69	0.177	3				
Многолетние травы на сенаж	СУ	37.40	0.548		-13.34	0.0302	21.64	0.0378
	НУ	27.01	0.275	5				
	ВУ	49.48	0.202	4				
Картофель	СУ	235.49	0.519		-63.11	0.0313	51.47	0.0424
	НУ	200.04	0.278	5				
	ВУ	291.00	0.169	3				
Овощи	СУ	325.62	0.500		-99.16	0.0271	103.56	0.0496
	НУ	240.14	0.186	3				
	ВУ	378.48	0.288	6				

Число благоприятных и неблагоприятных событий k определяется по количеству значений, распложенных выше среднего локальных максимумов и ниже среднего локальных минимумов. В конкретном случае количество неблагоприятных событий равно четырем, а благоприятных – трем. В этих случаях наблюдаются потери $y_t^{\min} - y_t^{HY}$ и прирост $y_t^{\max} - y_t^{BY}$, урожайности. Приведенные выражения имеют следующие обозначения $y_t^{\min}$, $y_t^{\max}$, y_t^{HY}, y_t^{BY} –

наименьшее и наибольшее значения ряда, среднее локальных минимумов и максимумов. В седьмом и девятом столбцах приведены вероятности редких потерь и прироста. Значениям -7.18 и 4.72 соответствуют вероятности 0.0236 и 0.0422. Из этого следует, что полученные потери повторяются реже, чем прирост.

Если выявленные тенденции будут продолжаться, то предприятию необходимо ориентироваться в ближайшие годы на тенденции, характеризующие средние значения ряда. Вместе с тем помимо этого можно использовать сценарий развития по среднему значению локальных максимумов и учитывать неблагоприятные события, причиняющие ущербы предприятию.

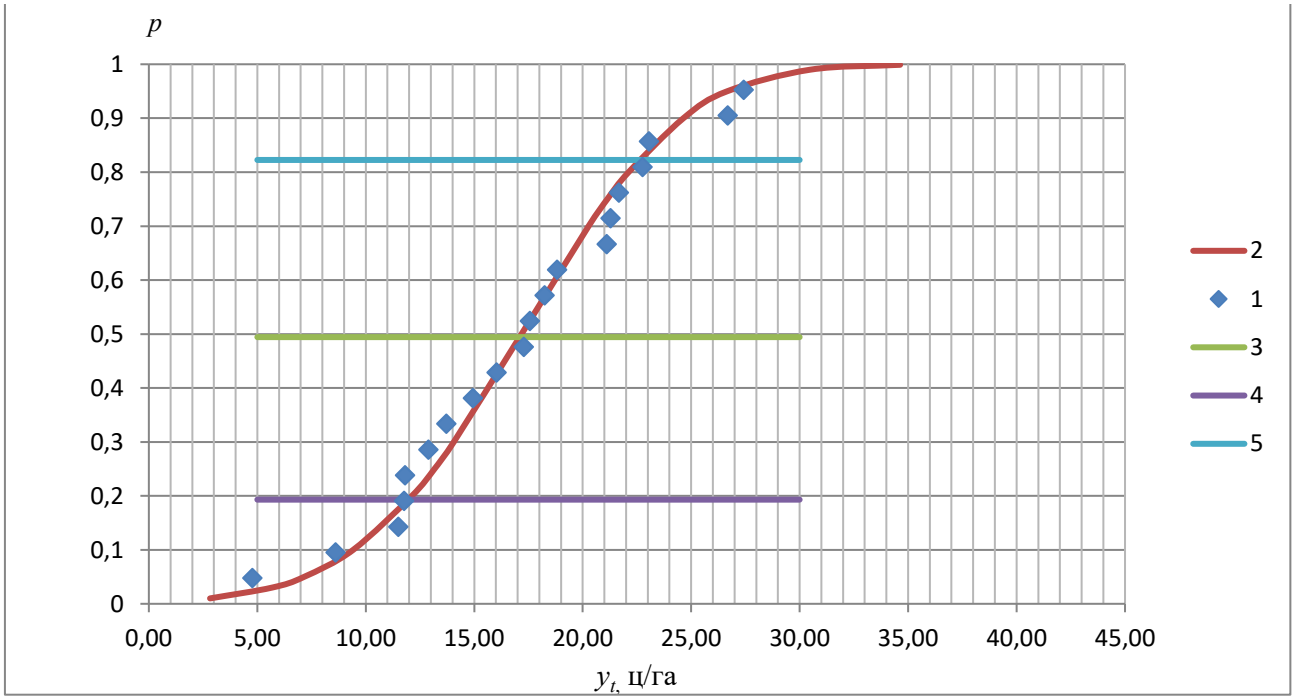

Рисунок – **Функция распределения Пирсона III типа (2) урожайности многолетних трав на сено по эмпирическим значениям (1) с выделением среднего значения ряда (3), средних локальных минимумов (4) и максимумов (5)**

Figure – **Pearson Type III distribution function (2) for the hay yield of perennial grasses, based on empirical values (1), with the series mean (3) and the mean local minima (4) and maxima (5) indicated**

Следует иметь в виду, что хвост распределения, расположенный ниже среднего локальных минимумов позволяет рассчитывать потери с заданной вероятностью на основе условия $p<p_k$, где p_k,– вероятность перехода значения в неблагоприятное событие. В то же время хвост распределения, находящийся выше среднего локальных максимумов можно использовать для оценки прироста урожайности для заданных вероятностей.

В научной литературе обычно не рассматривают благоприятные события, а ориентируются на неблагоприятные ситуации, которые связаны с рисками производства продукции. При таком подходе для случая,

приведенного на рис. неблагоприятные события повторяются примерно один раз из пяти.

Вместе с тем изучение благоприятных событий необходимо для определения условий, при которых имеет место прирост урожайности.

При построении закона распределения вероятностей использована функция Пирсона III типа [12], которая хорошо описывает урожайность сельскохозяйственных культур, как для положительной, так и для отрицательной асимметрии. Опыт использования этого распределения показывает, что в преобладающем большинстве случаев это распределение удовлетворительно описывает изменчивость характеристики биопродуктивности. Вместе с тем встречаются случаи его значительных расхождений с эмпирическими данными для редких благоприятных событий урожайности зерновых культур, которые соответствуют вероятности 0,0476. В таких ситуациях предварительно можно ориентироваться на эмпирические значения или подбирать другие законы распределения вероятностей.

Отметим также ограничения методики многоуровневого моделирования, связанные с необходимостью большого объема временного ряда.

Заключение. Приведена методика статистической оценки динамики урожайности сельскохозяйственных культур на основе многолетних данных предприятия, позволяющая определять тенденции при благоприятных, усредненных и неблагоприятных условиях.Определены случаи, при которых предприятие может получить значительные потери урожайности или значительный прирост, что способствует оценке вероятных ущербов и выявлению факторов появления благоприятных событий. Предложенная методика в большей степени применима для временных рядов урожайности, характеризующих муниципальные районы, агроландшафтные территории, регионы и страны, поскольку на этих уровнях объемов информации больше, чем для предприятий. Тем не менее, приведенные результаты показывают возможности ее использования для управления процессами получения продукции с учетом разных вариантов изменчивости биопродуктивности сельскохозяйственных культур, каждая из которых обладает индивидуальной реакцией на воздействие природно-климатических и технологических факторов.

Благодарность. Авторы выражают признательность экономическому отделу СХАО "Белореченское" и лично Т.С. Пухмахтеровой— заместителю генерального директора по экономике и финансам, за предоставленную информацию об урожайности сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1 Астапова, М.А. Прогнозирование урожайности зеленых культур на основе мониторинга морфометрических параметров посредством машинного зрения и нейронных сетей / М.А. Астапова, М.Ю. Уздяев, В.М. Кондратьев //Изв. Кабардино-Балкарского НЦ РАН. – 2024. –Т. 26. – № 3. – С. 11-20.

2 Барсукова, М.Н. Анализ математического обеспечения программных комплексов управления аграрным производством /М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Т.С. Бузина //Актуальные вопросы аграрной науки. –2022. –№ 45. – С. 38-47.

3 Глебов, И.П. Моделирование и анализ аграрного производства в регионах России / И.П. Глебов, В.Ю. Жданов //Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2024. – № 4 (80). – С. 1-10.

4 Горбатовская, О. Методологические аспекты управления аграрным производством в условиях цифровой трансформации /О. Горбатовская //Аграрная экономика. – 2026. – № 4 (371). – С. 33-46.

5 Евдокимова, Н.Е. Моделирование и прогнозирование урожайности сои в условиях изменения климата / Н.Е. Евдокимова //Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37. – № 6. – С. 91-96.

6 Иваньо, Я.М. Алгоритм определения оптимального интервала влияния факторов в моделировании урожайности /Я.М. Иваньо, Е.С. Климов //Вестник Воронежского ГТУ. - 2025. - Т. 21. - № 3. - С. 29-34.

7 Иваньо, Я.М. Информационные технологии многоуровневого моделирования в решении управленческих задач аграрного производства /Я.М. Иваньо, С.А. Петрова, В.В. Цыренжапова //Современные информационные технологии и ИТ-образование. - 2025. -Т. 21. - № 3. - С. 604-613.

8 Иваньо, Я.М. Моделирование многоуровневой динамики урожайности сельскохозяйственных культур /Я.М Иваньо, С.А.Петрова //Вестник КрасГАУ. - 2024. - № 12 (213). - С. 66-77.

9 Использование машинного обучения и вегетационных индексов для прогнозирования урожайности яровой пшеницы / Л.В. Гарафутдинова, Д.С. Федоров, В.К. Каличкин, К.Ю. Максимович, С.А. Колбин //Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54. – № 1. – С. 31-41.

10 Попович, В.В. Мониторинг и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур по данным ДЗЗ на уровне районов Республики Крым /Попович В.В., Дунаева Е.А. //Таврический вестник аграрной науки. – 2024. – № 2 (38). – С. 140-152.

11 Разработка программы анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур /В.К. Каличкин, Д.С. Федоров, О.К. Альсова, К.Ю. Максимович //Достижения науки и техники АПК. - 2022. – Т. 36. – № 1. – С. 51-56.

12 Рождественский, А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик /А.В. Рождественский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 270 с.

13 Серышев, В.А. Агроландшафтное районирование Иркутской области /В.А. Серышев, В.И. Солодун //География и природные ресурсы. - 2009. –№ 2. – С. 86-94.

14 Сиптиц, С.О. Урожайность как ключевой параметр прогнозирования развития агропродовольственных систем в условиях изменения климата / С.О. Сиптиц, И.А. Романенко, Н.Е. Евдокимова //Актуальные вопросы современной экономики. – 2024. – № 7. – С. 14-22.

15 Сравнение эффективности алгоритмов машинного обучения в задачах прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / К.А. Макеев, А.В. Греченева, Я.С. Котов, А.Н. Голбан, Д.М. Смыслов //Изв. Тульского ГУ. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 203-206.

16 Ivanyo, Ya. M. Comprehensive assessment of the development potential of plant production in the municipal district / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova //Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2025. – Т. 17. – № 2. – С. 535-552.

References

1. Astapova, M.A. et al. Forecasting the Yield of Leafy Green Crops Based on Monitoring Morphometric Parameters Using Machine Vision and Neural Networksa. Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS, 2024, vol. 26, no. 3, pp. 11-20.

2.Barsukova, M.N. et al. Analysis of the Mathematical Framework for Agricultural Production Management Software System. Actual issues of agrarian science, 2022, no. 45, pp. 38-47.

3. Glebo,v I.P., Zhdanov, V.Yu. Modeling and Analysis of Agricultural Production in the Regions of Russia. Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal, 2024, no. 4 (80), pp. 1-10.

4. Gorbatovskaya, O. Methodological Aspects of Agricultural Production Management in the Context of Digital Transformation. Agricultural Economics, 2026, no. 4 (371), pp. 33-46.

5. Evdokimova, N.E. Modeling and Forecasting Soybean Yields Under Climate Change Conditions. Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex, 2023, vol. 37, no. 6, pp. 91-96.

6.Ivanyo, Ya.M., Klimov, E.S. An Algorithm for Determining the Optimal Interval of Factor Influence in Crop Yield Modeling. Bulletin of Voronezh State Technical University, 2025, vol. 21, no. 3, pp. 29–34.

7. Ivanyo Ya. M. et al. Information Technologies for Multilevel Modeling in Solving Management Problems in Agricultural Production. Modern Information Technologies and IT-Education, 2025, vol. 21, no. 3, pp. 604–613.

8.Ivanyo, Ya.M., Petrova, S.A. Modeling the Multilevel Dynamics of Agricultural Crop Yields. Bulletin of KrasSAU (Krasnoyarsk State Agrarian University), 2024, no. 12 (213), pp. 66–77.

9.Garafutdinova, L.V. et al. Using Machine Learning and Vegetation Indices to Forecast Spring Wheat Yields. Siberian Herald of Agricultural Science, 2024, vol. 54, no. 1, pp. 31–41.

10. Popovich, V.V., Dunaeva, E.A. Monitoring and Forecasting of Agricultural Crop Yields Based on Remote Sensing Data at the District Level in the Republic of Crimea. Taurian Herald of Agrarian Science, 2024, no. 2 (38), pp. 140–152.

11. Kalichkin, V.K. et al. Development of a Program for Analyzing and Forecasting Agricultural Crop Yields. Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex, 2022, vol. 36, no. 1, pp. 51–56.

12. Rozhdestvensky, A.V. Assessment of the Accuracy of Distribution Curves for Hydrological Characteristics. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 270 p.

13. Seryshev, V.A., Solodun, V.I. Agrolandscape Zoning of the Irkutsk Region. Geography and Natural Resources, 2009, no. 2, pp. 86–94.

14. Siptits, S.O. et al. Yield as a Key Parameter for Forecasting the Development of Agri-Food Systems under Climate Change. Current Issues in Modern Economics, 2024, no. 7, pp. 14–22.

15. Makeev, K.A. et al. Comparison of the Efficiency of Machine Learning Algorithms for Agricultural Crop Yield Forecasting. Proceedings of Tula State University. Technical Sciences, 2023, no. 2, pp. 203–206.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:12.10.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:26.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

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 650 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.

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 650 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.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”
2026; 5 (136): 25-33
http://vestnik.irsau.ru

DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–25–33

УДК 631.51.01:633.34

Научная статья

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ЛЕСОСТЕПИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

К. Кео Удом, А.М. Зайцев

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

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по применению при возделывании сои приемов зяблевой обработки почвы: вспашки на 20-22 см и дискования на 8-10 см, а также возможность прямого посева этой культуры после яровой пшеницы. Изучали влияние приемов обработки на величину плотности серой лесной почвы и урожайность сои в условиях лесостепной зоны Иркутской области. Для получения запланированной урожайности сои вносили минеральные удобрений в дозе $N_{45}P_{30}K_{30}$ кг. д.в./га. После посева сои и перед ее уборкой в 2025 и 2026 гг. проведен отбор почвенных образцов на глубину 50 см и определена плотность серой лесной почвы. Осадки вегетационного периода и их распределение по месяцам и декадам, оказывают существенное влияние на величину урожайности сои в условиях лесостепи Предбайклья. Дискование на 8-10 см и прямой посев приводят к уплотнению корнеобитаемого слоя и уже сразу после посева формируют уплотненное и сильно уплотненное сложение серой лесной почвы в слое 10-20 см со значением 1.34 и 1.29 г/см^3 соответственно, что на 0.07-0.11 г/см^3 больше, чем по вспашке. Наибольшая урожайность сои в засушливый 2025 г. получена по отвальной обработке (вспашке) – 2.25 т/га и по поверхностному дискованию с применением минеральных удобрений 2.12 т/га. В более обеспеченный влагой 2026 г. наибольшую урожайность также получили по вспашке на фоне удобрений – 2.89 т/га. Достоверная прибавка урожайности от удобрений получена только в боле влагообеспеченном 2026 г. на всех фонах обработки и на прямом посеве. Она составила по вспашке – 0.46 т/га, по дискованию 0.61 т/га и на прямом посеве 0.73 т/га.
Ключевые слова: соя, плотность почвы, зяблевая обработка, отвальная вспашка, дискование, прямой посев, удобрения, урожайность сои.

Для цитирования: Зайцев А.М., Кео Удом К. Влияние приемов обработки на плотность почвы и урожайность сои в лесостепи Предбайкалья. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 25–33. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–25–33.

2026; 5 (136): 25-33 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

THE EFFECT OF TILLAGE PRACTICES ON SOIL DENSITY AND SOYBEAN YIELD IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE PRE-BAIKAL REGION

Keovilay Keo Udom, Alexander M. Zaytsev

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk District, Irkutsk Region, Russia*

Abstract. This article presents the results of research on autumn tillage practices for soybean cultivation—specifically, plowing to a depth of 20–22 cm and disking to 8–10 cm—as well as the feasibility of direct seeding (no-till) following spring wheat. The study examined the impact of these tillage methods on the bulk density of gray forest soil and soybean yield within the forest-steppe zone of the Irkutsk Region. To achieve the targeted soybean yield, mineral fertilizers were applied at a rate of N45P30K30 (kg of active ingredient per hectare). Soil samples were collected to a depth of 50 cm both after sowing and prior to harvest in 2025 and 2026 to determine the bulk density of the gray forest soil. Precipitation levels during the growing season—and its distribution across months and ten-day periods—significantly influence soybean yields in the forest-steppe zone of the Pre-Baikal region. Disking to a depth of 8–10 cm and direct seeding lead to compaction of the root zone. Immediately after sowing, these practices result in a compacted or highly compacted state within the 10–20 cm layer of gray forest soil, with bulk density values of 1.34 g/cm³ and 1.29 g/cm³, respectively—figures that are 0.07–0.11 g/cm³ higher than those observed following moldboard plowing. In the arid year of 2025, the highest soybean yield was achieved with moldboard plowing (2.25 t/ha), followed by surface disking combined with the application of mineral fertilizers (2.12 t/ha). In 2026, a year with better moisture availability, the highest yield was again obtained with moldboard plowing supplemented by fertilizers (2.89 t/ha). A statistically significant yield increase from fertilizer application was observed only in the wetter year of 2026, across all tillage treatments as well as with direct seeding. The increases were 0.46 t/ha for moldboard plowing, 0.61 t/ha for disking, and 0.73 t/ha for direct seeding.
Keywords: soybean, soil bulk density, autumn tillage, moldboard plowing, disking, direct seeding, fertilizers, soybean yield.

For citation: Zaytsev A.M., Keo Udom K. Influence of tillage practices on soil bulk density and soybean yield in the forest-steppe zone of the Pre-Baikal region. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2026;5 (136): 25–33. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–25–33.

Введение. Посевная площадь сои в Иркутской области в 2025 г. составила более 8 тыс. га, а в 2026 г.4.4 тыс. га или почти в 2 раза меньше. Тем не менее, в регионе наблюдается устойчивый интерес сельскохозяйственных товаропроизводителей к этой культуре, а такие изменения в посевной площади по годам, можно объяснить неустойчивой урожайностью сои в почвенно-климатических условиях Предбайкалья. Перед научным сообществом региона стоит задача разработки зональной технологии возделывания сои, которая позволит получать стабильные урожаи этой культуры.

Одним из важных элементов технологии возделывания сои, требующим изучения в условиях Предбайкалья, является система механической обработки почвы, а конкретно возможность минимализации основной зяблевой обработки, а также применения прямого посева по непаровым предшественникам.

В.В. Гетманский и др. [5] в условиях Амурской области изучая прямой

посев сои установили, что несмотря на высокий стеблестой сои и массу 1000 семян в варианте с обработкой почвы, наибольшее количество бобов и семян формируется в варианте с прямым посевом, что обеспечивает более высокую продуктивность одного растения сои при такой технологии выращивания и получения большей биологической урожайности сои.

В условиях Краснодарского края В.Ф. Баранов и др. [2] установили, что для нормального функционирования корневой системы растений сои и ризобиальной микрофлоры требуется оптимальное сложение почвы, когда её плотность составляет 1.10-1.20 г/см^3. Достижение этих агрофизических параметров является основным условием эффективности применяемых способов обработки почвы.

Результаты исследований А.С. Бушнева [3] показали, что в длительном стационарном опыте применение минимальной и поверхностной обработки почвы в севообороте не сопровождалось существенным уплотнением пахотного слоя в сравнении с отвальной обработкой, однако произошло увеличение плотности почвы в слое 10-30 см (на 0.07 г/см^3) до 1.35 г/см^3, что свидетельствует о негативном их последействии.

С.А. Макаренко и др. [9] в Краснодарском крае установили, что наиболее благоприятные условия для роста и развития растений сои сложились при применении отвальной вспашки на глубину 20-22 см. Проведение дискового лущения на глубину 8-10 см привело к уплотнению пахотного слоя и как следствие снижению общей пористости. Посев без обработки почвы оказывает негативное влияние на содержание воздуха в пахотном горизонте.

Исследования, проведенные М.М. Нафиковым и др. [4] в Республике Татарстан показывают, что на фоне плоскорезной обработки почвы на глубину 25-27 см в слое 0-30 см наблюдалась наибольшая плотность сложения пахотного слоя почвы. В среднем за три года наибольшая урожайность получена на варианте с отвальной вспашкой на глубину 25-27 см на фоне минерального питания N80P80K80 – 3.01 т/га, прибавка урожая по сравнению с неудобренным фоном составила 1.64 т/га.

Л.Н. Жичкина [7] проведя исследования в лесостепи Заволжья установила, что по результатам двухлетних наблюдений в среднем наибольшая урожайность сои была получена в варианте со вспашкой на 20-22 см и составила 1.49 ц/га.

По наблюдениям Е.К. Мозговой [10] установлено, что в Орловской области показывают, что сорта сои демонстрировали высокий рост урожайности при отвальной обработке почвы.

Г.И. Орехов и др. [11] в обзоре о способах основной обработки почвы под сою в регионах России отмечает, что система обработки почвы играет важную роль в технологии возделывания сои и требует дифференцированного подхода к своей оптимизации, т.к. шаблона в выборе рационального способа не существует – для различных природно-климатических условий он должен быть индивидуальным, зависящим от предшественника, погодных факторов, агрофизического состояния почвы, видового состава сорняков и степени засорённости поля, его рельефа и подверженности эрозионным процессам. Так, в зонах неустойчивого или недостаточного увлажнения на тяжёлых по гранулометрическому составу почвах в качестве основной обработки почвы следует применять отвальную

вспашку на глубину не менее 22 см или глубокое рыхление на 25-28 см. Особенно нуждаются в глубоких обработках почвы бесструктурные и склонные к заплыванию со слабой водопроницаемостью подпахотных слоёв.

Исследования Н.В. Дорофеева и др. [12, 14], В.И. Солодуна [13] в Иркутской области, показывают, что наиболее благоприятные условия водного, воздушного и теплового режимов почвы для роста и развития растений сои создаются при применении отвальной вспашки. Приемы поверхностной обработки, такие как дискование и культивация приводят к уплотнению пахотного слоя и как следствие снижению общей пористости. Чаще всего наибольшая урожайность фиксируется по отвальной вспашке.

Проведенные С.Н. Зудилиным и В.М. Гулаевым [8] исследования показали, что более эффективным приемом основной обработки почвы под сою в степи Среднего Поволжья является отвальная вспашка на глубину 25-27 см.

В.Ф. Баранов [1] отмечает, что несмотря на многолетиями накопленный богатый научный задел по вопросам обработки почвы и системам земледелия, представляет определенный интерес на базе современной техники и химических средств в многолетних стационарных опытах с типичными севооборотами в основных земледельческих зонах страны изучение влияния разных способов и уровней минимализации системы обработки почвы на ее агрохимические, агрофизические и биологические свойства; процессы гумусообразования, на продуктивность агроценозов и экологическое благосостояние агроландшафтов.

А.Н. Гайдученко и др. [6] в условиях Амурской области установили, что несмотря на повышение общей засорённости посевов сои, снижение накопления сухого вещества, биологической урожайности культуры в короткоротационных севооборотах, экономическая эффективность была выше при возделывании по No-till, в сравнении с традиционным возделыванием.

Таким образом, выбор приема или системы обработки оказывает большое влияние на формируемые свойства почвы и протекающие в ней процессы и требует дифференцированного подхода для различных почвенно-климатических условий и зависит от предшественника, тепло и влагообеспеченности, агрофизических свойств почвы, засоренности, рельефа и эрозионных процессов.

Цель - установить возможность применения при возделывании сои приемов поверхностной обработки почвы и прямого посева, в т.ч. в части их влияния на плотность почвы и урожайность.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2025-2026 гг. на экспериментальном участке ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Почва – светло-серая лесная, тяжелый суглинок, содержание гумуса в слое 0-20 см – 2.8%. Обеспеченность доступным калием – средняя, фосфором – высокая. Предшественник сои – яровая пшеница. Площадь одного варианта в опыте 32 м^2.

Схема опыта включала два приема зяблевой обработки почвы: вспашку на 20-22 см (контроль) и дискование на 8-10 см. Проводили также прямой посев. Сравнение приемов обработки и прямого посева проводили на удобренном фоне и без удобрений. Доза удобрений составляла $N_{45}P_{30}K_{30}$ на

плановую урожайность зерна 3.5 т/га.

Весной перед посевом проводили раннее весеннее боронование. Посев был во второй декаде мая сеялкой СЗУ-2,1Д с анкерным сошником, шириной междурядья 46 см и нормой высева 1 млн всхожих зерен на га. Для защиты растений применяли гербициды и фунгицид. Урожайность учитывали комбайном с дальнейшим пересчетом массы зерна на 100 %-ную чистоту и 12%-ную влажность.

Образцы почвы для определения плотности отбирали буром Качинского послойно до глубины 50 см. Отбор образцов проводили после посева и перед уборкой.

Условия вегетации в 2025 и 2026 гг. существенно отличались как по количеству осадков, так и по среднедекадным температурам воздуха, в т.ч. по сравнению со среднемноголетними. За май – сентябрь 2025 г. выпало 264 мм осадков, это 76.4% от среднемноголетней нормы. Количество осадков в мае составило 35 мм, что на 15% больше месячной нормы. В июне наблюдали значительный дефицит осадков, их выпало всего 27.1 мм. Июль также характеризовался засушливыми условиями, выпало 59 мм осадков, а большая часть только в третьей декаде. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2025 г. была на 2.1ºС выше среднемноголетних значений.

Количество осадков за вегетацию в 2026 г. составило 382 мм, в т.ч. в мае – 60.8 мм или почти в два раза выше среднемноголетнего значения. В июне наблюдали дефицит осадков, в июле и августе количество осадков было на уровне среднемноголетних значений. Во вторую и третью декады мая, первую и вторую декады июня среднесуточные температуры воздуха были на 0.9-1.2 градуса ниже среднемноголетних значений. Условия вегетации в 2026 г. были более благоприятными по влагообеспеченности посевов влагой, чем в 2025 г.

Результаты и обсуждение. Наблюдение за величиной плотности 0-50 см слоя почвы после посева сои и перед ее уборкой показало, что приемы зяблевой обработки почвы и прямой посев оказывают влияние на сложение корнеобитаемого слоя (таблица 1).

Величина плотности верхнего 0-10 см слоя серой лесной почвы после посева в среднем за два года составила 1.19-1.20 г/см^3 и не различалась в зависимости от приема зяблевой обработки почвы и прямого посева. Более оптимальная величина плотности почвы для роста и развития сои в слое 10-20 см была по отвальной вспашке, она составила 1.22 г/см^3. В варианте на прямом посеве и по дискованию плотность была достоверно выше и составила 1.29 и 1.34 г/см^3 соответственно. По шкале оценки сложения пахотного слоя почвы (по Н.А. Качинскому) ее состояние можно оценить как уплотненное и сильно уплотненное. Плотность подпахотных горизонтов на глубине от 20 до 50 см после посева была от 1.31 до 1.41 г/см^3 и по слоям не имела существенных различий в зависимости от применяемых обработок. К уборке сои величина плотности почвы в слоях 0-10 и 10-20 см увеличивается по вспашке на 0.05-0.09 г/см^3, по дискованию на 0.05 г/см^3, на прямом посеве на 0.07-0.12 г/см^3.

Урожайность сои представлена в таблице 2. В засушливых условиях 2025 г. наибольшая урожайность сои в 2.25 т/га получена по вспашке на удобренном фоне.

Таблица 1 - **Плотность почвы при минимализации обработки при возделывании сои, г/см^3**

Table 1 - **Soil density under reduced tillage for soybean cultivation, g/cm^3**

Глубина, см	Прием зяблевой обработки почвы				Прямой посев		$НСР_{05}$	
	вспашка на 20-22 см (контроль)		дискование на 8-10 см					
	после посева	перед уборкой	после посева	перед уборкой	после посева	перед уборкой	после посева	перед уборкой
2025 год								
0-10	1.19	1.22	1.20	1.24	1.21	1.29	-	-
10-20	1.22	1.30	1.33	1.36	1.29	1.35	-	-
20-30	1.31	1.33	1.34	1.38	1.33	1.41	-	-
30-40	1.35	1.40	1.35	1.34	1.37	1.38	-	-
40-50	1.33	1.35	1.38	1.38	1.34	1.37	-	-
2026 год								
0-10	1.18	1.26	1.19	1.26	1.18	1.34	-	-
10-20	1.21	1.32	1.35	1.41	1.29	1.37	-	-
20-30	1.30	1.35	1.36	1.40	1.37	1.43	-	-
30-40	1.36	1.41	1.34	1.36	1.44	1.49	-	-
40-50	1.35	1.34	1.35	1.33	1.42	1.45	-	-
Среднее за 2025-2026 гг.								
0-10	1.19	1.24	1.20	1.25	1.20	1.32	0.03	0.05
10-20	1.22	1.31	1.34	1.39	1.29	1.36	0.06	0.04
20-30	1.31	1.34	1.35	1.39	1.35	1.42	0.05	0.04
30-40	1.36	1.41	1.35	1.35	1.41	1.44	0.06	0.06
40-50	1.34	1.35	1.37	1.36	1.38	1.41	0.05	0.07

Величина урожайности сои на фоне поверхностной обработки почвы дискатором не уступает вспашке как на удобренном фоне, так и без удобрений. Урожайность на прямом посеве была на 0.2-0.23 т/га ниже, чем по вспашке и составила 1.89-2.02 т/га. Прибавка урожайности сои от применения удобрений в 2025 году не достоверная.

Более благоприятные условия увлажнения вегетационного периода 2026 г. позволили получить более высокую урожайность сои в сравнении с 2025 г. Наибольшая урожайность сои в 2026 г. получена на фоне удобрений от 2.21 до 2.89 т/га. Урожайность сои по вспашке составила 2.89 т/га, что на 0.4 т/га больше, чем по дискованию и на 0.68 т/га больше, чем по прямому посеву. На неудобренном фоне, снижение урожайности по сравнению со вспашкой на фоне дискования составило 0.55 т/га, на прямом посеве – 0.68 т/га. Достоверная прибавка урожайности получена от применения удобрений по всем обработкам: 0.46 т/га по вспашке; 0.61 т/га по дискованию и 0.73 т/га на прямом посеве.

Заключение: Количество осадков за вегетационный период и их распределение по месяцам и декадам, оказывает существенное влияние на величину урожайности сои в условиях лесостепи Предбайкалья. Дискование на 8-10 см и прямой посев формируют уплотненное и сильно уплотненное сложение серой лесной почвы в слое 10-20 см со значением 1.34 и 1.29 г/см^3 соответственно. Это на 0.07-0.11 г/см^3 больше, чем по вспашке. Наибольшая урожайность сои в засушливый 2025 г. получена по вспашке и дискованию на фоне применения минеральных удобрений 2.25 и 2.12 т/га соответственно, а в более влагообеспеченный 2026 г. на фоне удобрений по вспашке – 2.89 т/га.

Таблица 2 - **Урожайность сои, т/га**
Table 2 - **Soybean yield, t/ha**

Прием обработки	Удобрение	Урожайность, т/га	Прибавка от приема обработки, т/га	Прибавка от удобрений, т/га
2025 год				
Вспашка на 20-22 см (контроль)	без удобрений (контроль)	2.09		
	$N_{45}P_{30}K_{30}$ (контроль)	2.25		0.16
Дискование на 8-10 см	без удобрений	2.06	-0.03	
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2.12	-0.13	0.06
Прямой посев	без удобрений	1.89	-0.20	
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2.02	-0.23	0.13
$НСР_{05}$ прием обработки $НСР_{05}$ удобрение		0.15 0.22		
2026 год				
Вспашка на 20-22 см (контроль)	без удобрений (контроль)	2.43		
	$N_{45}P_{30}K_{30}$ (контроль)	2.89		0.46
Дискование на 8-10 см	без удобрений	1.88	-0.55	
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2.49	-0.40	0.61
Прямой посев	без удобрений	1.48	-0.95	
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2.21	-0.68	0.73
$НСР_{05}$ прием обработки $НСР_{05}$ удобрение		0.23 0.26		

Достоверная прибавка урожайности от удобрений получена в условиях лучшей влагообеспеченности в 2026 г. и составила по вспашке – 0.46 т/га, по дискованию 0.61 т/га и на прямом посеве 0.73 т/га.

Список литературы

1. Баранов, В.Ф. К вопросу об оптимизации обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур/ В.Ф. Баранов // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 2 (137). – С. 58-60.
2. Баранов, В.Ф. Соя на Кубани / В. Ф. Баранов, А. В. Кочегура, В. М. Лукомец – Краснодар: ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, 2009. – 321 с. – EDN UWFEIZ.
3. Бушнев, А.С. Влияние обработки почвы на ее агрофизические свойства, засоренность посевов и урожайность сои на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья/ А.С. Бушнев// Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – № 3 (167). – С. 39-47.
4. Влияние основной обработки почвы и минерального питания на агрофизические и биологические свойства почвы под соей / М. М. Нафиков, А. З. Хазиев, С. Г. Смирнов, Л. Г. Шашкаров // Вестник Чувашского ГАУ. – 2025. – № 3(34). – С. 46-52. – DOI 10.48612/vch/3p4n-gvzx-8u2m. – EDN GGPKRD.
5. Влияние прямого посева и нормы высева на структуру урожая сои в Амурской области / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова, О.В. Щегорец // Политематический сетевой электронный науч. журн. Кубанского ГАУ. – 2025. – № 211. – С. 55-63. – DOI 10.21515/1990-4665-211-006. – EDN BEWNEA.
6. Гайдученко, А.Н. Агротехнические и экономические показатели приёмов возделывания сои в короткоротационных севооборотах и монокультуре / А.Н. Гайдученко, М. В. Толмачев, В. Т. Синеговская // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – № 10(120). – С. 5-9. – EDN SXROGV.

7. Жичкина, Л.Н. Эффективность систем основной обработки почвы под сою / Л. Н. Жичкина, К.А. Жичкин // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК // Сб. статей по матер. II Всеросс. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием (Курган, 18 февраля 2021 года)// Курган: Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 46-49. – EDN EEYCCF.

8. Зудилин, С. Н. Влияние системы обработки почвы на урожай зерна сои в степи Среднего Поволжья / С. Н. Зудилин, В. М. Гулаев // Второй Междунар. форум "Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России" (Омск, 17–20 июля 2018 года)//Омск: ООО "Полиграфический центр КАН", 2018. – С. 62-68. – EDN XTYVVZ.

9. Макаренко, С. А. Влияние способов основной обработки почвы под сою на изменение агрофизических показателей чернозёма выщелоченного / С. А. Макаренко, А. С. Найденов // Политематический сетевой электронный науч. журн. Кубанского ГАУ. – 2015. – № 109. – С. 837-847. – EDN TWGMRN.

10. Мозгова, Е.К. Реакция сортов сои на применение приемов минимализации основной обработки почвы / Е.К. Мозгова // Вестник Курской ГСХА. – 2024. – № 9. – С. 32-38. – EDN DFNEZW.

11. Орехов, Г.И. Способы основной обработки почвы под сою в регионах России (обзор) / Г.И. Орехов, А.С. Бушнев // Масличные культуры. – 2019. – № 1(177). – С. 124-131. – DOI 10.25230/2412-608X-2019-1-177-124-131. – EDN IOBVFR.

12. Основные параметры агротехники возделывания сои в Иркутской области / Н. В. Дорофеев, Н. Б. Катышева, Л.Г. Соколова [и др.] // Селекция сельскохозяйственных растений и совершенствование технологии их возделывания // Матер. междунар. научно-практ. конф. (Иркутск, 27 февраля 2024 года)// Молодежный: ИрГАУ, 2024. – С. 24-31.

13. Солодун, В.И. Теоретическое обоснование способов посева зерновых культур при применении современных посевных машин / В.И. Солодун, А.М. Зайцев – Молодежный: ИрГАУ, 2022. – 94 с. – ISBN 978-5-91777-242-4.

14. Сорта и технология возделывания сои в Иркутской области / Н.В. Дорофеев, Н.Б. Катышева, А.В. Поморцев [и др.] // Наука и технологии Сибири. – 2025. – № 1(16). – С. 28-31.

References

1. Baranov, V.F. On the issue of optimizing tillage in the cultivation of agricultural crops. Oilseed crops. Scientific and technical bulletin VNIIMK, 2007, no. 2 (137), pp. 58-60.

2. Baranov, V.F. et al. Soybeans in the Kuban– Krasnodar: All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit, 2009, 321 p. – EDN UWFEIZ.

3. Bushnev, A.S. The influence of tillage on its agrophysical properties, crop contamination and soybean yield on leached chernozem of the Western Ciscaucasia. Oilseed crops. Scientific and technical bulletin VNIIMK, 2016, no. 3 (167), pp. 39-47.

4. The influence of basic tillage and mineral nutrition on the agrophysical and biological properties of the soil under soybeans. Bulletin of the Chuvash State Agrarian University, 2025, no.3(34), pp. 46-52. DOI 10.48612/vch/3p4n-gvzx-8u2m. EDN GGPKRD.

5. Zhichkina, L.N., Zhichkin, K.A. Efficiency of basic soybean tillage systems. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2021, pp. 46-49. EDN EEYCCF.

6. Zudilin, S.N., Gulaev, V.M. The influence of the tillage system on the soybean grain harvest in the steppe of the Middle Volga region. Omsk: LLCPolygraphic Center of KAN", 2018, pp. 62-68. EDN XTYVVZ.

7. Makarenko, S.A., Naidenov, A.S. The influence of basic soybean tillage methods on the change in agrophysical parameters of leached chernozem. Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 2015, no. 109, pp. 837-847. EDN TWGMRN.

8. Mozgova, E.K. The reaction of soybean varieties to the use of techniques for minimizing basic tillage. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2024, no. 9, pp. 32-38. EDN DFNEZW.

9. Orekhov, G.I., Bushnev, A.S. Methods of basic tillage for soybeans in the regions of Russia (review). Oilseed crops, 2019, no. 1(177), pp. 124-131. DOI 10.25230/2412-608X-2019-1-177-124-131. EDN IOBVFR.

10. The main parameters of agricultural technology of soybean cultivation in the Irkutsk region. Irkutsk: Irkutsk SAU, 2024, pp. 24-31.

11. The farming system of the Amur region: an industrial and practical handbook Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2016, 570 p. ISBN 978-5-9642-0276-9. – DOI 10.22450/9785964202769. EDN XRDEZF.

12. Solodun, V.I., Zaitsev, A.M. Theoretical substantiation of methods of sowing grain crops using modern sowing machines. Molodezhny: Irkutsk SAU, 2022, 94 p. ISBN 978-5-91777-242-4.

13. Varieties and technology of soybean cultivation in the Irkutsk region / N. V. Dorofeev, N. B. Katysheva, A.V. Pomortsev [et al.] // Science and Technology of Siberia. – 2025. – № 1(16). – Pp. 28-31.

14. Soybean cultivation technology in the Amur region: Methodological recommendations. All-Russian Scientific Research Institute of SOY. Blagoveshchensk: Department of Internal Affairs of the Amur Region, 2009, 72 p. EDN TCHDPX.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:23.10.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:26.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Зайцев Александр Михайлович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО "Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского". Область исследований - энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур с сохранением почвенного плодородия и получения экологически чистой растениеводческой продукции. Автор более 120 научных публикаций.
***Контактная информация*:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, п. Молодежный, e-mail: zaycev38@mail.ru; ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9712-3669.

Кео Удом Кеовилай – аспирант кафедры земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО "Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского". Область исследований: энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур с сохранением почвенного плодородия и получения экологически чистой растениеводческой продукции. Автор более 3 научных публикаций.
***Контактная информация*:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, п. Молодежный, e-mail: keovilay02@gmail.com.

Information about authors

Alexander M. Zaitsev– Candidate of Agricultural Sciences, Ass. Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Vice-Rector for Research and Digital Transformation FSBEI HE "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky". Research area - energy-saving technologies for cultivating agricultural crops, preserving soil fertility, and producing environmentally friendly crop products. Author of more than 120 scientific publications.
***Contact information*:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: zaycev38@mail.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9712-3669.

Keo Udom Keovilai - postgraduate student at the Department of Agriculture and Crop Production of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area: energy-saving technologies for cultivating agricultural crops while preserving soil fertility and producing environmentally friendly crop products. Author of 3 scientific publications.
***Contact information*:** FSBEI HE Irkutsk SAU. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: keovilay02@gmail.com.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”
2026; 5 (136): 34-43
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–34–43

УДК 582.59:582.28:635.8

Научная статья

ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ GASTRODIA ELATA и ARMILLARIA MELLEA И ПРИМЕНЕНИЕ В КУЛЬТИВИРОВАНИИ

[1]Ли И, [2]С.П.Бурлов, [2]Н.И. Большешапова

[1]Современный центр сельскохозяйственного района Цзинь, *Цзинь, Китай*
[2]Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская область, Россия

Аннотация. *Gastrodia elata Bl.* — мико-гетеротрофное растение семейства *Orchidaceae*, лишённое корней и фотосинтезирующих органов. На протяжении всего онтогенеза оно последовательно вступает в трофические связи с двумя группами грибов – грибами-герминаторами (в частности, *Mycena osmundicola*) и *Armillaria mellea*, причём последний служит основным источником питания на этапе вегетативного размножения. Характер этих отношений не сводится к простому мутуализму или паразитизму: он динамически изменяется в зависимости от внешних условий, стадии развития растения и штаммовых особенностей гриба. На основе данных о жизненном цикле *G. elata* последовательно рассматриваются дискуссионные вопросы природы отношений, механизмы инвазии, функциональная специализация органов, роль экзоферментов, влияние штаммов *A. mellea* на продуктивность и качество сырья, а также формулируются практические рекомендации для выращивания. В своём развитии *Gastrodia elata* проходит стадии от прорастания при участии *M. osmundicola* до вегетативного размножения с участием *A. mellea*. Взаимоотношения между этими организмами носят динамический характер и изменяются в зависимости от условий среды, стадии развития растения и штаммовых особенностей гриба. За столетие исследований – от наблюдений Кусано до концепции “двойного паразитизма” Чжан Вэйцзина и современных молекулярно-биологических методов – накоплен значительный материал, однако ряд вопросов остаётся открытым: механизмы распознавания *G. elata* “полезных” и “вредных” грибов; молекулярные основы избирательного соответствия штаммов *A. mellea* и морфотипов *G. elata*; методы устойчивого использования штаммов в крупномасштабном производстве. Углублённое изучение этих симбиотических отношений имеет как фундаментальное, так и прикладное значение для развития отрасли, связанной с культивированием *G. elata.*
Ключевые слова: *Gastrodia elata; Armillaria mellea;* микоризные отношения; жизненный цикл; инвазия; культивирование.

Для цитирования: Ли И, Бурлов С.П., Большешапова Н.И. Отношения между gastrodia elata и armillaria mellea применение в культивировании. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 34–43. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–34–43.

2026; 5 (136): 34-43 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

THE RELATIONSHIP BETWEEN GASTRODIA ELATA AND ARMILLARIA MELLEA: APPLICATIONS IN CULTIVATION

[1] Li I, [2]Sergey P. Burlov, [2]Nadezhda I. Bolsheshapova

[1]Jing-Jin-Ji Modern agricultural center, *Jing, China*
[2]Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

Abstract. *Gastrodia elata Bl.* is myco heterotrophic plant of the Orchidaceae family, devoid of roots and photosynthetic organs. Throughout its ontogenesis, it consistently enters into trophic relationships with two groups of fungi: germinator fungi (in particular, *Mycena osmundicola*) and *Armillaria mellea*, the latter serving as the main source of nutrition at the stage of vegetative reproduction. The nature of these relationships is not limited to simple mutualism or parasitism; it dynamically changes depending on external conditions, the stage of plant development, and the strain characteristics of the fungus. Based on data regarding the life cycle of *G. elata*, this review consistently examines controversial issues regarding the nature of these relationships, invasion mechanisms, functional specialization of organs, the role of exoenzymes, the influence of *A. mellea* strains on the productivity and quality of raw materials, and formulates practical recommendations for cultivation. In its development, *Gastrodia elata* progresses through stages from germination with the participation of *M. osmundicola* to vegetative reproduction with the participation of *A. mellea*. The relationship between these organisms is dynamic and varies depending on environmental conditions, the stage of plant development, and the strain characteristics of the fungus. Over a century of research—from Kusano's observations to Zhang Weijing's concept of "double parasitism" and modern molecular biological methods—significant material has been accumulated; however, a number of questions remain open: the mechanisms by which *G. elata* recognizes "beneficial" and "harmful" fungi; the molecular basis for the selective matching of *A. mellea* strains and *G. elata* morphotypes; and methods for the sustainable use of strains in large-scale production. An in-depth study of these symbiotic relationships is of both fundamental and applied importance for the development of the industry related to the cultivation of G. *elata*.
Keywords: *Gastrodia elata; Armillaria mellea;* mycorrhizal relationships; life cycle; invasion; cultivation.

For citation: Li I, Burlov S.P., Bolsheshapova N.I. The relationship between gastrodia elata and Armillaria mellea: applications in cultivation. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA". 2026;5 (136): 34–43. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–34–43.*

Введение. *Gastrodia elata Bl.* – многолетнее микогетеротрофное растение семейства Orchidaceae, лишённое корней и зелёных листьев. Оно не обладает способностью к фотосинтезу и получает питательные вещества исключительно от грибов-симбионтов [1]. Жизненный цикл *G. elata* характеризуется последовательным симбиозом с грибами-герминаторами и *Armillaria mellea*.

Семена *G. elata* имеют длину около 0.8 мм, не содержат эндосперма и в естественных условиях прорастают с трудом. *A. mellea*, традиционно рассматриваемый как симбионт, фактически подавляет прорастание семян. Прорастание инициируют грибы-герминаторы, среди которых ведущая роль принадлежит *Mycena osmundicola*. Гифы *M. osmundicola* проникают в зародыш через клетку-подвесок, перевариваются клетками зародыша и обеспечивают его питательными веществами, необходимыми для прорастания [2]. Сюй Цзиньтан установил, что на разных этапах онтогенеза *G. elata* нуждается в разных грибах; это положение получило признание в

мировой литературе по биологии орхидных [3].

После формирования протокорма растение должно вступить в контакт с *A. mellea*. Без этого даже сформировавшийся удлинённый вегетативный стебель со временем отмирает. *A. mellea* проникает в вегетативный стебель в виде ризоморф, а *G. elata* усваивает углерод и энергию путём переваривания внедрившихся гиф [1,4]. Полный жизненный цикл – от семени до семени следующего поколения – в природных условиях занимает около 36 мес. В течение этого периода *G. elata* последовательно взаимодействует с *M. osmundicola* и *A. mellea*, что необходимо для завершения онтогенеза [5].

1. Природа отношений: мутуализм, паразитизм или двойной паразитизм?

Характер взаимоотношений *G. elata* и *A. mellea* остаётся предметом дискуссии уже более ста лет [1,6,7]. В 1911 г. Кусано впервые охарактеризовал их как симбиотические; эта трактовка получила широкое распространение в литературе. Однако в заключительной части работы автор отмечал, что, строго говоря, эти отношения следует считать паразитическими: *G. elata* полностью зависит от *A. mellea*, тогда как гриб получает от растения лишь незначительную выгоду [1].

На основании цитологических наблюдений Чжан Вэйцзин и Ли Бифэн предложили концепцию "двойного паразитизма" (*diploparasitism*). В паренхиме *A. mellea* разрушает клетки растения, что соответствует паразитизму гриба на растении. В слое переваривающих клеток *G. elata*, напротив, активно переваривает внедрившиеся гифы, что можно рассматривать как паразитизм растения на грибе. Поскольку весь углерод *G. elata* поступает от *A. mellea* и при высокой продуктивности растения гриб практически полностью расходуется, именно паразитизм растения на грибе составляет ключевое противоречие этих отношений. Чжан Вэйцзин отнёс *G. elata* к растениям с грибным типом питания [1].

В последние годы раскрыты механизмы динамической регуляции указанных отношений. Чжао Цимин и соавторы ввели понятие "избирательного симбиоза": нормальное развитие возможно лишь при сочетании высокой индуктивности со стороны *G. elata* и низкой инвазивности *A. mellea*. Растение привлекает гриб химическими сигналами и одновременно ограничивает интенсивность инвазии с помощью вторичных метаболитов, поддерживая динамическое равновесие [6, 7]. Таким образом, рассматриваемые отношения представляют собой динамическую систему, которая изменяется в зависимости от внешних условий, стадии развития и штаммовых особенностей; в норме доминирующую роль играет *G. elata*, при ухудшении условий возможно изменение направленности взаимодействия [1, 6].

2. ***Механизмы инвазии***: ризоморфы, корковая паренхима, переваривающий слой.

2.1. **Процесс инвазии** *A. mellea* детально описан Чжан Вэйцзином и соавторами. При контакте с клубнем ризоморфы ветвятся и проникают в кору до клеток, прилегающих к переваривающему слою. Затем они распадаются на отдельные гифы, которые распространяются вдоль клеток коры. Гифы, проникшие в новые клетки, утолщаются и образуют клубки гиф (*hyphal coils);* при этом плазмалемма клеток коры разрушается, ядра деформируются и лизируются, а сами клетки становятся каналами для гиф.

К концу вегетации гифы в корковой паренхиме вновь агрегируются в ризоморфы [1]. Го Шуньсин и Сюй Цзиньтан обнаружили на верхушке ризоморф меристематическую зону, клетки которой дифференцируются и формируют первичную структуру [8].

2.2. **Гифовые каналы как основной путь питания.** На основе серийных продольных срезов Сюй Цзиньтан показал, что после проникновения в вегетативный стебель ризоморфы *A. mellea* образуют множество ветвящихся гифовых каналов. Выходя из каналов, гифы формируют потоки гиф, которые проникают в клетки коры, где образуют клубки, и непосредственно в крупные клетки, в которых перевариваются G. *elata*. Перерезка ризоморф, соединяющих *G. elata* с инокулированной древесиной, приводит к остановке роста новых клубней. Полученные данные свидетельствуют о том, что гифовые каналы служат основным путём поступления питательных веществ в течение всей вегетации [4].

2.3. **Переваривающий слой – защитный барьер *G. elata***. Переваривающий слой представлен одним рядом крупных клеток и является характерным признаком *G. elata* среди высших растений. При проникновении гиф в эти клетки цитоплазма уплотняется, ядра увеличиваются в объёме и деформируются, появляются многочисленные вакуоли и сферулы; гифы перевариваются сразу после прохождения клеточной стенки [1]. С помощью цитохимического выявления кислой фосфатазы Ван Хэ и Сюй Цзиньтан показали, что в инвазированной коре последовательно формируются три типа клеток: клетки с клубками гиф, полостные клетки и переваривающие клетки. В первых двух типах кислая фосфатаза накапливается внутри гиф, после чего они подвергаются аутолизу; признаков секреции гидролаз клеткой не выявлено. В переваривающих клетках вокруг гиф появляются гранулы с высокой активностью кислой фосфатазы, которые сливаются в переваривающие вакуоли, и гифы разрушаются лизосомальными гидролазами [9]. Чжан Вэйцзин экспериментально показал, что после перерезки ризоморф гифы в корковой паренхиме сохраняются 45 суток, тогда как в переваривающих клетках гифы и цитоплазма исчезают. Лизис происходит исключительно в переваривающем слое [1].

2.4. **Функциональная специализация органов**. Материнский клубень (перезимовавший) служит основным ассимилирующим органом. Ассимилирующей способностью обладают также вегетативные стебли (столоны); на стадии проростка они являются единственным ассимилирующим органом. Вновь сформированные клубни текущего года до зимовки не способны ассимилировать *A. mellea*: между ними и материнским клубнем имеется изолирующий слой, и ризоморфы проникают лишь в пробковый слой, не достигая коры. Ассимилирующая способность появляется только после перезимовки [1].

3. **Экзоферменты *Armillaria mellea***. *Armillaria mellea* секретирует лакказу, участвующую в деградации лигнина и фенольных соединений, целлюлазу, гидролизующую целлюлозу до глюкозы, ксиланазу – основной экзофермент, расщепляющий ксилан, пектиназу, разрушающую пектин, и амилазу, гидролизующую крахмал. Секреция ферментов происходит последовательно: вначале выделяются пектиназа и целлюлаза, затем лакказа.

Такая последовательность согласуется со стратегией поэтапного разрушения клеточной стенки и лигнина [6, 10]. Су Лэй и соавторы при сравнении шести штаммов *A. gallica* установили, что профиль ферментативной активности на плотных и жидких средах различается. Поскольку при совместном культивировании с *G. elata* гриб предварительно выращивают на плотной среде, предпочтение следует отдавать штаммам с более высокой активностью экзоферментов именно в этих условиях. Наибольшая активность α-амилазы, лакказы и ксиланазы на плотной среде отмечена у штамма М3 *A. gallica* [11]. Для высокопродуктивных штаммов характерны повышенная активность экзоферментов и более высокое содержание полисахаридов; активность ферментов положительно коррелирует со скоростью роста. Межштаммовые различия по активности экзоферментов статистически значимы [6].

4. **Нормальная и патологическая инвазия**. Инвазия *A. mellea* в *G. elata* может протекать в двух формах; их разграничение принципиально важно для понимания причин снижения урожайности при культивировании [1].

4.1. **Нормальная (физиологическая) инвазия**. В нормальных условиях *A. mellea* проникает в кору *G. elata* в форме ризоморф, распадается на гифы и образует клубки гиф в клетках коры; распространение гиф при этом ограничено коровой паренхимой. Переваривающие клетки *G. elata* секретируют гидролазы и переваривают проникшие гифы. В этом случае доминирует *G. elata*, а *A. mellea* служит источником питания [1].

4.2. **Условия возникновения патологической инвазии**. Патологическая инвазия возникает при снижении устойчивости растения или чрезмерной активности гриба. Устойчивость *G. elata* снижается при ухудшении аэрации и избыточном увлажнении. *G. elata* чувствительна к затоплению: пребывание в воде в течение двух суток вызывает загнивание клубней. *A. mellea,* напротив, способен расти в воде и активно ветвиться. При плохом дренаже, избыточном увлажнении или затяжных дождях клубни *G. elata* теряют устойчивость, и гриб получает возможность преодолеть переваривающий слой [1]. Патологическую инвазию может провоцировать и чрезмерно активный рост *A. mellea*. При избытке питательных веществ в древесине-носителе ризоморфы становятся мощными и сильно ветвятся, вследствие чего интенсивность инвазии превышает ассимиляционную способность переваривающих клеток [1].

4.3. **Проявления патологической инвазии**. Цитологические признаки. При нормальной инвазии ризоморфы распадаются на гифы до достижения переваривающего слоя. При патологической инвазии ризоморфы не распадаются, а в неизменённом виде преодолевают переваривающий слой и внедряются в центральную ткань клубня. В центральной ткани гифы распространяются вдоль клеточных стенок, вызывая их быструю деструкцию; ткань размягчается и загнивает [1].

Макроскопические признаки. На ранних стадиях клубень оплетается ризоморфами, размягчается и темнеет. По мере проникновения гиф в центральную ткань клубень загнивает изнутри, становится водянистым и в конечном счёте превращается в пустую оболочку. В культуре это проявляется как "пустое гнездо": ризоморфы *A. mellea* обильно развиваются, а клубни G. elata отсутствуют или сильно мельчают [1].

4.4. **Соотношение двух форм инвазии**. Нормальная и патологическая

инвазия представляют собой две формы одного процесса. В нормальных условиях ведущую роль играет *G. elata*, превращая *A. mellea* в источник питания. При ухудшении условий соотношение меняется: *A. mellea* из поставщика питания становится разрушителем ткани. К факторам, способствующим такой смене, относятся плохой дренаж, избыточная влажность, чрезмерный рост гриба и ослабление посадочного материала G. elata [1].

5. **Влияние штаммов *Armillaria mellea* на продуктивность и качество *Gastrodia elata*.** Влияние разных штаммов *A. mellea* на урожайность и качество *G. elata* статистически достоверно различается [12, 13, 14].

5.1. **Характеристика высокопродуктивных штаммов**. Высокий урожай и хорошее качество клубней обеспечивают штаммы с высокой скоростью роста, мощными, сильно ветвящимися ризоморфами и белым мицелием. Штамм MHJ-1, отобранный Ван Юн и соавторами, при совместном культивировании с *G. elata f. elata* дал урожай свежих клубней 8.78 кг/м², что на 5% выше контроля; содержание гастродина составило 0.946%, суммарное содержание гастродина и п-гидроксибензилового спирта – 1.140%, что достоверно превышает контроль [14]. Су Лэй и соавторы показали, что штамм *M3. gallica* превосходит другие по диаметру склероциев, ветвлению ризоморф, скорости роста и активности экзоферментов, а также отличается цветом мицелия [11].

5.2. **Деградация штаммов: закономерности и проявления**. Длительное вегетативное размножение *A. mellea* приводит к деградации. Сунь Шицин и соавторы сравнили в культивировании исходный дикий штамм, его деградировавшее потомство после трёх вегетативных пассажей и реактивированный штамм. Деградировавший штамм вызвал резкое снижение биомассы и содержания гастродина в *G. elata* по сравнению с диким штаммом ($P < 0.01$) [12, 13]. Признаки деградации проявляются как в морфологии гриба, так и в результатах культивирования. Морфологические признаки: ризоморфы деградировавших штаммов утрачивают яркую окраску и грубую текстуру, становятся тонкими и бледными, ветвление снижается, скорость роста падает [12]. Показатели культивирования: снижается способность ризоморф колонизировать древесину-носитель; формирующиеся клубни *G. elata* мельчают; увеличивается доля мелких клубней (белых и рисовидных); снижается доля и масса товарных клубней, а также содержание гастродина [12, 13]. Эмпирическое правило производителей – "древесину-носитель можно использовать только один год" - имеет научное обоснование [12, 13].

5.3. **Реактивация штаммов**. Деградация может быть обратима путём индукции плодовых тел с последующим выделением половых спор. Цао Вэньцинь и Сюй Цзиньтан получили плодовые тела *A. mellea* в жидкой культуре; штаммы, выделенные из плодовых тел, росли быстрее исходных и давали более высокий выход биомассы в глубинной культуре [15]. Реактивированные штаммы восстанавливали способность стимулировать рост G. elata и накопление гастродина до уровня, близкого к дикому штамму [13]. В производственной практике необходимо периодически обновлять штаммы через половой процесс, а не полагаться исключительно на вегетативное размножение [13].

6. **Молекулярная идентификация *Armillaria***. Ли Шоуцзянь и соавторы проанализировали 400 последовательностей пяти фрагментов ДНК (*ITS, IGS, tef-1α, β*-тубулин, *LSU*) у 80 штаммов *Armillaria*. Гетерозиготность выявлена почти в 75 % последовательностей, а для *IGS* – в 90%. Анализ 37 гаплоидных изолятов показал, что гетерозиготность обусловлена преимущественно различиями между двумя гаплоидными геномами; лишь у немногих штаммов отклонения в *IGS* связаны с множественными копиями этого фрагмента [16]. Ли Шоуцзянь и соавторы обобщили историю изучения таксономического состава *Armillaria*, ассоциированных с *G. elata*. С 1911 г., когда Кусано впервые сообщил о связи *G. elata с A. mellea*, в литературе закрепилось название "*A. Mellea*". Однако по мере развития методов биологической идентификации и молекулярной филогенетики было установлено, что *G. elata* вступает в симбиотические отношения не с одним видом, а с комплексом видов, включающим *A. sinapina, A. gallica, A. mellea, A. cepistipes, A. nabsnona* и несколько неидентифицированных филогенетических линий [17].

7. **Практические рекомендации для культивирования**. Обновление штаммов. Урожайность и качество сырья зависят от числа вегетативных пассажей *A. mellea*. Целесообразно ежегодно выделять свежие дикие штаммы либо индуцировать плодовые тела на отработанной древесине для реактивации, не допуская многолетнего использования одной вегетативной линии [12, 13]. Для точной идентификации штаммов применяют молекулярные методы [16, 17]. Соответствие штамма и морфотипа *G. elata*. Между штаммами *A. mellea* и морфотипами *G. elata* (красным, чёрным, зелёным) отмечается избирательное соответствие. Не следует без достаточного обоснования интродуцировать штаммы из других регионов; необходим подбор локально адаптированных штаммов с учётом морфотипа и экологических условий [6, 14]. На стадии прорастания семян *G. elata* сначала вступает во взаимодействие с M. osmundicola, на вегетативной стадии – с *A. mellea* [18].

Предотвращение смены направленности взаимодействия. Патологическая инвазия — одна из основных причин потери урожая. Необходимы хороший дренаж, контроль влажности почвы и недопущение чрезмерного роста *A. mellea*. Следует использовать здоровый посадочный материал [1].

Оптимизация субстрата и древесины-носителя. Субстрат из ветвей обеспечивает более быстрое восстановление мицелия, высокую скорость роста ризоморф и меньшую контаминацию по сравнению с опилочными субстратами. Среди древесных пород *Quercus fabri* благодаря твёрдой древесине и медленному высвобождению питательных веществ даёт лучшие результаты, чем быстроразлагаемые породы (*Betula luminifera, Alnus nepalensis*).

Использование полового размножения. Технология, разработанная Сюй Цзиньтаном и включающая смешивание семян *G. elata* с грибами-герминаторами, высев на листовую подстилку и последующую закладку инокулированной древесины *A. mellea*, позволяет достичь всхожести семян до 60%, через полгода сформировать посадочный материал, а через полтора года – товарные клубни. Этот метод эффективно решает проблему деградации посадочного материала при многократном вегетативном

размножении [18].

Заключение. В своём развитии *Gastrodia elata* проходит стадии от прорастания при участии *M. osmundicola* до вегетативного размножения с участием *A. mellea*. Взаимоотношения между этими организмами носят динамический характер и изменяются в зависимости от условий среды, стадии развития растения и штаммовых особенностей гриба. Углублённое изучение этих симбиотических отношений имеет как фундаментальное, так и прикладное значение для развития отрасли, связанной с культивированием *G. elata.*

References

1. Zhang, W.J, Li, B.F. The biological relationship of Gastrodia elata and Armillaria mellea[J]. Acta Botanica Sinica, 1980, 22(1): 57-61. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZWXB.0.1980-01-010.

2. Ran, Y.Z, Xu, JT. Inhibition of Gastrodia elata seed germination by Armillaria mellea[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 1988, 13(10): 15-17. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZGZY.0.1988-10-006.

3 Xu, J. T. At the apex of evolution — orchid mycorrhizal symbiosis in seed germination of Gastrodia elata[J]. Life World, 2005(6): 28-31. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:SLRL.0.2006-07-012.

4. Xu, J.T. Changes of cell structure in vegetative stems of Gastrodia elata during Armillaria mellea infection[J]. Acta Academiae Medicinae Sinicae, 2001, 23(2): 150-153. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZYKX.0.2001-02-015.

5. Xu, J.T, Ran, Y.Z, Guo, S. X. Studies on the life cycle of Gastrodia elata[J]. Acta Academiae Medicinae Sinicae, 1989, 11(3): 237-242. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZYKX.0.1989-04-000.

6. Zhao, Q M, et al. Research progress on symbiotic relationship between Armillaria mellea and Gastrodia elata[J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2022(2): 56-58. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:YNKJ.0.2022-02-021.

7. Chen, Y.H. et al. Nutritional relationships between orchids and mycorrhizal fungi [J]. Mycosystema, 2017, 36(7): 807-823. (In chin.). DOI: 10.13346/j.mycosystema.160231

8. Guo, S.X., Xu, J.T. Studies on the development of rhizomorph of Armillaria mellea [J]. Acta Mycologica Sinica, 1992, 11(4): 308-313. (In chin.). DOI: 10.13346/j.mycosystema.1992.04.010.

9. Wang, H., Xu, J.T. A cytochemical study of acid phosphatase in the cortical cells of Gastrodia elata infected by Armillaria mellea[J]. Acta Mycologica Sinica, 1993, 12(2): 152-157. (In chin.). DOI: 10.13346/j.mycosystema.1993.02.012.

10. Li, F.H. et al. Research progress of Armillaria mellea[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(25): 7741-7743. (In chin.). DOI: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2007.25.049.

11. Su, L. et al. Comparative study on biological characteristics of six strains of Armillaria gallica[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2025, 48(8): 1990-1995. (In chin.). DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2025.08.005.

12. Sun, S. Q. et al. Effects of continuous asexual reproduction of Armillaria mellea type B on biological yield and gastrodin content of Gastrodia elata[J]. Shandong Science, 2008, 21(4): 10-12. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZGZY.0.2009-03-035.

13. Sun, S. Q. et al. Influences of wild, degraded and rejuvenated Armillaria mellea on yield of Gastrodia elata and content of gastrodin[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2009, 40(8): 1300-1303. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZGZY.0.2009-03-035.

14. Wang, Y. et al. Effect of different Armillaria mellea strains on agronomic traits, yield and quality of Gastrodia elata f. elata[J]. Journal of Microbiology, 2020, 40(6): 59-65. (In chin.). DOI: 10.3969 /j.issn.1005－7021.2020.06.009.

15. Cao, W.Q., Xu, J.T. Liquid culture of Armillaria mellea fruit bodies[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 1992(4): 9-11. (In chin.). DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.1992.11.001.

16. Li S J, Liu Y Y, Xu X L, et al. Characteristics and essence of heterozygosity of DNA

sequences amplified from Armillaria species[J]. Mycosystema, 2024, 43(10): 240058. (In chin.). DOI: 10.13346/j.mycosystema.240058.

17. Li, S. J. et al. History, current situation and prospect of the Armillaria associated with Gastrodia elata and Polyporus umbellatus[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2025, 60(4): 313-318. (In chin.). DOI: CNKI:SUN:ZGYX.0.2025-04-001.

18. Xu, J.T. A new technique for sexual reproduction of Gastrodia elata[J]. China Rural Science and Technology, 1995(2): 13.DOI: CNKI: SUN:JKCN.0.1995-02-009.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:12.10.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:26.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Большешапова Надежда Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией – "Селекционно-генетический центр", старший преподаватель 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 90 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 170 научных публикаций.
Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Молодежный, e-mail: 89501298375@yandex.ru, ORCID:https:orcid.org/ 0000-0003-0486-9056.

Ли И – Агроном. Область исследований - селекция и семеноводство картофеля и полевых культур. Автор более 15 научных публикаций.
Контактная информация: Современный центр сельскохозяйственного района Цзинь, e-mail:li05161020@163.com

Information about authors:

Nadezhda I. Bolsheshapova – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the laboratory "Selection and genetic center" Senior Lecturer at the Department of Agriculture and Crop Production, Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - breeding and seed production of potatoes and field crops. Author of more than 90 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 of Agriculture and Crop Production, Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - breeding and seed production of potatoes and field crops. Author of over 100 scientific articles.
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.

Li I – The agronomist. Research area - breeding and seed production of potatoes and field crops. Author of more than 15 scientific publications.
Contact information: Modern agricultural center, Jing, China, e-mail:li05161020@163.com.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

2026; 5 (136): 44-55
http://vestnik.irsau.ru

DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–44–55

УДК 633.854.78: 631.95

Научная статья

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Т.С. Пак, С.И. Михайлова, С.А. Сучкова, Т.З. Абзалтденов

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

Аннотация. В статье представлен аналитический обзор научных публикаций, посвященных актуальным направлениям использования подсолнечника в экологических целях. Подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.) – высокомаржинальная сельскохозяйственная культура в РФ. Его посевные площади в 2025 году достигли 11.1 млн га, увеличившись на 12.8% по сравнению с предыдущим годом., а валовой сбор семян достиг 17 млн. т. Устойчивая тенденция увеличения производственных посевов требует учета новых экосистемных услуг, которые может выполнять подсолнечник. В обзоре представлен анализ российских и зарубежных научных публикаций, освещающих некоторые экологические аспекты использования сырья подсолнечника и отходов его производства. Для обзора использованы статьи, содержащие научно обоснованные данные лабораторных и полевых исследований, отражающих результаты и перспективы возделывания подсолнечника в экологических целях (фиторемедиации и углеродном земледелии). Технологические приемы возделывания подсолнечника, применяемые в российском и мировом углеродном земледелии, способствуют повышению урожайности культуры и снижению углеродного следа. Одним из таких приемов является использование биоуглей растительного и животного происхождения, как альтернатива минеральным удобрениям. Технологии возделывания и переработки сырья подсолнечника в целях фиторемедиации и секвестрации CO_2 должны учитывать возможные фитосанитарные риски. Подсолнечник относится к сельскохозяйственным культурам, значительно подверженным влиянию комплекса вредных организмов (болезней, вредителей и сорняков). Особенно усиливаются негативные тенденции в случае расширения производственных посевов и нарушения севооборотов. При внедрении биологизированных технологических приемов (обработка почвы, предпосевная подготовка семян, внесение органических удобрений, возделывание сидератов и др.) в карбоновое земледелие необходимо учитывать не только положительные эффекты, но и возможные риски распространения вредных организмов, сопутствующих агроценозам подсолнечника.

Ключевые слова: подсолнечник, *Helianthus annuus*, фиторемедиация, углеродное земледелие, углеродный след, биоуголь, фитосанитарные риски

Для цитирования: Пак Т.С., Михайлова С.И., Сучкова С.А., Абзалтденов Т.З. Экологические аспекты использования подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 44–55. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–44–55.

2026; 5 (136): 44-55 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SUNFLOWER USE (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Tais S. Pak, Svetlana I. Mikhailova, Svetlana A. Suchkova, Timur Z. Abzaltdenov

National Research Tomsk State University, *Tomsk, Russia*

Abstract The article presents an analytical review of scientific publications devoted to topical areas regarding the use of sunflowers for environmental purposes. The annual sunflower *Helianthus annuus* L.) is a high-margin agricultural crop in the Russian Federation. Its acreage in 2025 reached 11.1 million hectares, an increase of 12.8% compared to the previous year, and the gross seed harvest reached 17 million tons. The steady trend of increasing production crops requires consideration of new ecosystem services that sunflowers can perform. This review presents an analysis of Russian and foreign scientific publications covering various environmental aspects of using sunflower raw materials and waste products. The review utilizes articles containing scientifically sound laboratory and field research data reflecting the results and prospects of sunflower cultivation for environmental purposes (phytoremediation and carbon farming). Technological methods of sunflower cultivation used in Russian and global carbon farming contribute to increasing crop yields and reducing the carbon footprint. One such technique is the use of biochar of plant and animal origin as an alternative to mineral fertilizers. Technologies for the cultivation and processing of sunflower raw materials for phytoremediation and CO2 sequestration should take into account possible phytosanitary risks. Sunflowers belong to agricultural crops that are significantly affected by a complex of harmful organisms (diseases, pests, and weeds). Negative trends are particularly increasing in cases involving the expansion of production crops and the disruption of crop rotations. When introducing biologized technological techniques (tillage, pre-sowing seed preparation, application of organic fertilizers, cultivation of siderates, etc.) into carbon farming, it is necessary to take into account not only the positive effects but also the possible risks of spreading harmful organisms associated with sunflower agrocenoses.
Keywords: sunflower seeds, *Helianthus annuus*, phytoremediation, carbon farming, carbon footprint, biochar, phytosanitary risks.

For citation: Pak T.S., Mikhailova S.I., Suchkova S.A., Abzaltdenov T.Z. Environmental aspects of sunflower use (*Helianthus annuus* L.). *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA".* 2026;5 (136): 44–55. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–44–55.

Введение. Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является одной из основных масличных культур в мире наряду с соей и рапсом [28]. В России он традиционно занимает первое место среди масличных культур [10]. Его посевные площади в 2025 году достигли 11.1 млн. га, увеличившись на 12.8% по сравнению с предыдущим годом. Валовой сбор достиг 17 млн. т, а средняя урожайность семян – 16.6 ц/га, что свидетельствует об экологической пластичности культуры даже в условиях аномальной засухи в основных регионах возделывания на юге страны. В региональной структуре производства подсолнечника ведущие позиции заняли Саратовская и Оренбургская области, которые суммарно собрали 4.1 млн. т, Алтайский край собрал 2.1 млн. т, Воронежская и Тамбовская области также вошли в число лидеров, демонстрируя формирование "многофункциональных" центров масличного производства. По прогнозу Минсельхоза РФ в 2026 году посевные площади подсолнечника могут увеличиться до 12 млн га, а валовой сбор – достичь 19.1 млн т [17].

Подсолнечник – сельскохозяйственная культура многоцелевого использования, прежде всего масличная и кормовая [10]. Побочные продукты переработки семян подсолнечника (жмыхи и шроты) являются ценным сырьем для биотехнологической промышленности с целью получения белковых продуктов для пищевых и кормовых целей [4].

Богатый химический анализ надземной части (травы) подсолнечника является предпосылкой для получения инновационных фармацевтических продуктов [7]. В настоящее время подтверждена пригодность отходов подсолнечника для использования при производстве биоэнергии, при этом доказана наибольшая теплотворная способность полученного биогаза из отходов подсолнечника по сравнению с отходами кукурузы и виноградной лозы [21].

В последние годы возрос интерес к использованию подсолнечника в фиторемедиации и в углеродном (карбоновом земледелии), построенном на принципах ресурсосберегающего земледелия.

Цель – провести анализ публикаций, посвященных перспективам использования подсолнечника в экологических целях.

Материалы и методы. Поиск и обзор научных статей, доступных в поисковых базах данных (eLibrary, Scopus, Web of Science, ResearchGate), проведен с использованием ключевых слов "подсолнечник", "*Helianthus annuus*', фиторемедиация, углеродное земледелие, углеродный след, биоуголь, фитосанитарные риски. Для обзора использованы статьи, содержащие научно обоснованные данные лабораторных и полевых исследований [1-25].

Результаты и обсуждение. Традиционно подсолнечник считается перспективной сельскохозяйственной культурой в качестве фиторемедианта для очистки почв от тяжелых металлов и радионуклидов [1, 14]. Причем использовать его можно как непосредственно выращивая на загрязненных территориях и утилизируя затем биомассу [6], так и получая побочные продукты переработки отходов подсолнечника для целей экологического земледелия.

Эффективным способом утилизации отходов подсолнечника может стать их применение в качестве сырья для производства биоугля, который в дальнейшем возможно использовать в качестве удобрений. Доказано, что добавление такого биоугля в почву способствует защите почвы от деградации и потенциально может снизить выбросы парниковых газов [24]. Длительное сохранение биоугля в почве делает его главным кандидатом на роль потенциального поглотителя атмосферного углекислого газа для смягчения последствий изменения климата. Установлено, что биоуголь из лузги подсолнечника может повысить содержание органического углерода, азота, и фосфора, и калия в почвах. Биоуголь является значительным источником NO_3-N, при этом одной из стратегий повышения эффективности использования азота является использование биоугля в качестве органической матрицы в качестве источника азота или их сочетание с применением минеральных источников азота [22]. Выявлено значительное улучшение влагоудерживающей способности почвы при внесении биоугля [24] и повышение относительного содержания воды в листьях растений по сравнению с контролем. Однако комплексных исследований, подтверждающих эффективность удобрений на основе биоугля из

подсолнечника, в настоящее время недостаточно.

Кроме того, биоуголь можно использовать в качестве дополнительных цементирующих материалов, что является одним из решений снижения выбросов CO_2 цементной промышленностью. Подтверждена эколого-экономическая целесообразность применения лузги подсолнечника в процессе очистки загрязнённых нефтепродуктами земель [19]. Часто лузга и биоуголь из нее используется для удаления и других загрязняющих веществ, таких как фенолы [18] и тяжелые металлы.

В условиях глобального изменения климата и обязательств России по декарбонизации экономики (углеродная нейтральность к 2060 г.) особое значение приобретает развитие карбонового земледелия – системы агротехнологий, направленных на увеличение пулов органического углерода в почве и снижение эмиссии парниковых газов. Углеродное земледелие направлено на повышение скорости удаления CO_2 из атмосферы и превращения его в растительный материал и органическое вещество почвы. Положительный результат этой амбициозной задачи двоякий: улучшение состояния почвы, что, в свою очередь, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, и увеличение потенциала долгосрочного накопления углерода для снижения выбросов парниковых газов. По мнению экспертов [23], сельскохозяйственные культуры, предназначенные для углеродного земледелия, должны обладать следующими свойствами:

1) повышенное накопление углерода под землей для увеличения и углубления корневой биомассы;

2) взаимодействие с адаптированным почвенным микробиомом, которые способствуют усвоению питательных веществ и эффективности использования воды;

3) увеличенная мощность фотосинтеза и накопления биомассы.

Наилучшими сельскохозяйственными культурами, удовлетворяющим принципам углеродного земледелия, соответствуют многолетние растения и культуры с С-4 типом фотосинтеза. Однако многие из перспективных культур для карбоновых ферм часто являются малораспространенными и невостребованными в широком производстве [13], или могут представлять определенные экологические риски. Поэтому наиболее экономически оправданно использовать потенциал традиционных востребованных с/х культур. Выращивание сельскохозяйственных культур с высокой степенью поглощения CO_2 и накопления углерода в биомассе позволит внедрить углероддепонирующий севооборот для карбоновых ферм [15].

Хотя подсолнечник относится к культурам с С-3 типом фотосинтеза, его морфофизиологические особенности соответствуют критериям, предъявляемым к сельскохозяйственным культурам, используемым в карбоновом земледелии. Габитус растений (высокорослость, высокая облиственность, глубина залегания корневой системы) в сочетании с высокой засухоустойчивостью способны обеспечить при оптимальных почвенно-климатических условиях высокие показатели фотосинтетической деятельности и утилизации CO_2 из атмосферы. В основных экономических районах возделывания подсолнечника – Центрально-Черноземном и Поволжском – фотосинтетический потенциал лучших отечественных и

зарубежных гибридов достигает значительных размеров [3].

Несмотря на то, что среди полевых культур подсолнечник занимает одно из ведущих мест в мире по посевным площадям, однако его роль в балансе углерода агроэкосистем до сих пор оценивается неоднозначно. С одной стороны, он формирует значительную надземную биомассу, способную связывать CO_2, с другой – традиционная технология его возделывания часто связана с интенсивной обработкой почвы и выносом питательных элементов, что может усиливать минерализацию почвенного органического вещества.

В ряде российских публикаций [9, 15] приведены результаты сравнительных исследований эффективности выращивания основных сельскохозяйственных культур, включая подсолнечник, для целей углеродного земледелия.

В агроландшафтах Республики Башкортостан показано, что наиболее четко процесс секвестрации CO_2 проявляется на культурах с большей площадью листовой поверхности и вегетационной массой, таких как кукуруза и подсолнечник. Измерения объема поглощения CO_2 в основную фазу развития растений (80–90 дней) позволили установить основные культуры с максимальными значениями: кукуруза (345 ppm), сорго (337 ppm) и подсолнечник (220 ppm). По совокупным параметрам (степень секвестрации CO_2, биомасса растительных остатков, в т.ч. поступивших в почву) подсолнечник относится к числу культур наряду с кукурузой (*Zea mays* L.), коноплей посевной (*Cannabis sativa* L.), сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) и рапсом (*Brassica napus* L.), с наибольшим потенциалом для углеродного земледелия [15].

Экспериментальные исследования, проведенные в агроценозах лесостепной и степной зон юга России (Самарская область, Краснодарский край) показали, что баланс углерода во многом определяется видом возделываемой культуры. По прогнозным оценкам К.В. Иващенко с соавторами [5], независимо от вида обработки черноземной почвы (традиционной или нулевой) агроценоз подсолнечника будет источником CO_2, а не стоком углерода.

Предварительные исследования, проведенные нами в подтаежной зоне Западной Сибири (г. Томск), показали, что растения подсолнечника уступают кукурузе по накоплению углерода в почве и надземной биомассе, но превосходит её по накоплению углерода в корнях, что усиливает долгосрочную секвестрацию [16].

В конечном счете эффективность возделывания подсолнечника для целей карбонового земледелия зависит от углеродного следа продукции, который формируется в зависимости от комплекса технологического процесса (используемой техники, способов обработки почвы, внесения минеральных и органических удобрений, обращения с растительными остатками, защиты посевов) [9]. Причем углеродный след при выращивании культуры может рассчитываться как на единицу площади, так и на единицу продукции. На примере ряда хозяйств Алтайского края проведены расчеты удельного углеродного следа на единицу разных видов растениеводческой продукции (кг CO_2-экв/т), которые зависят от особенностей технологического процесса для каждой культуры, так и от урожайности. В одном из хозяйств этот показатель распределяется таким образом: сенаж

(64.24–69.25 кг CO2-экв/т) – суданская трава (71.25–145.64) – пшеница яровая (148,61–210,32) – подсолнечник (198.37—322.73) – лен (332.56–407.20 кг CO2-экв/т). Одна и та же сельскохозяйственная культура с точки зрения нагрузки углеродного следа на 1 га посевной площади может быть карбоноемкой, но с точки зрения производства при этом продукция может иметь минимальный углеродный след. Это дает возможность производителям снижать углеродный след производимого сырья подсолнечника за счет приемов интенсификации производства. Необходимо учитывать еще один важный аспект – направление использования продукции подсолнечника. При возделывании кормовых сортов этой культуры возможны значительные потери углерода в почве, что связано со скашиванием биомассы и утилизацией в кормовых целях [9].

Элементы углеродного земледелия могут включать разнообразные технологии посева и ухода за посевами подсолнечника: выбор экологически пластичных и адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям гибридов и сортов, способы обработки почвы, подбор оптимальных органических и органоминеральных удобрений и биологических средств защиты от вредных организмов.

При выращивании подсолнечника для биотоплива углеродный след всей цепочки (от поля до биодизеля) можно снижать за счёт энергосберегающих практик, таких как гребни-борозды, междурядные посевы и мульчирование, что уменьшает энергозатраты и CO_2-эмиссии. Биоуголь, вермикомпост и навоз в комбинации со сниженными дозами минеральных удобрений улучшают плодородие почвы, удержание воды и питательных веществ, повышая урожайность подсолнечника и секвестрацию углерода [20].

Минимальная обработка почвы (no-till), мульчирование и покровные культуры минимизируют эрозию, сохраняют структуру почвы и стимулируют микробную активность, что повышает накопление почвенного органического углерода (SOC) в севооборотах с подсолнечником. Одним из приемов карбоновой технологии выращивания сельскохозяйственных культур является использование смешанных посевов.

В условиях Юго-Восточной Европы (Северная Македония) получено подтверждение эффективности технологии углеродного земледелия (совместные посевы подсолнечника и озимого ячменя) по сравнению с традиционной технологией возделывания [20]. Это исследование демонстрирует существенные преимущества методов углеродного земледелия по сравнению с традиционными системами в плане улучшения состояния почвы, улучшения агрохимических свойств и увеличения поглощения углерода при выращивании подсолнечника. В течение двух вегетационных сезонов 2024–2025 гг. получены данные о положительном влиянии метода углеродного земледелия на состояние почвы (более стабильные и благоприятные тенденции в содержании общего азота, доступного фосфора и калия, а также улучшение буферной способности pH). Введение элементов углеродного земледелия в виде совместных посевов подсолнечника значительно увеличило общее содержание органического вещества и органического углерода [20].

Стабилизация углерода зависит от почвенно-климатических условий,

таких как влажность и текстура почвы, где регенеративные практики усиливают эффект [11]. Технологии снижения углеродного следа включают оптимизацию удобрений, поскольку высокие дозы азотных и фосфорных минеральных форм увеличивают выбросы парниковых газов в масличных культурах, включая подсолнечник.

Одним из перспективных направлений карбонового земледелия является внесение в почву биоугля (biochar) – пиролизного продукта, стабильно удерживающего углерод в течение десятилетий и столетий. Он может явиться альтернативой химических удобрений и снижать углеродный след в агроценозах данной культуры. Сырьем для получения биоуглей могут быть самые разные побочные продукты растениеводства, лесоводства и животноводства (таблица).

Таблица **– Применение биоуглей при выращивании подсолнечника**

Table - **The use of biochar in sunflower cultivation**

Сырье для получения биоугля	Варианты опыта	Эффекты биоугля	Источник
Рисовая шелуха	Полевой опыт с внесением разных концентраций (5, 10 и 20 т/га)	Все концентрации биоугля повысили параметры роста и биомассы растений, а также урожайность семян. Наибольший эффект достигнут после внесения 20 т/га биоугля.	[19]
Древесина березы	Вегетационный опыт с внесением разных концентраций (2.5; 5; 7ю5 и 10% в сосуды с торфяным субстратом	Увеличение морфометрических параметров (высота побегов, длина корней, площадь листьев, и биомассу органов растений. Наилучшие результаты были получены при добавлении 5% биоугля, в то время как 10%-ая концентрация оказала наименьшее влияние.	[22]
Куриные кости и перья	Полевой опыт с внесением в почву разных концентраций (1%, 3% и 5%) смеси биоугля из перьев и костей в соотношении 2:1	При 5%-ой норме внесения смеси биоугля отмечено значительное увеличение высоты побегов, суммы хлорофиллов и сухой массы растений	[25]

В работе S. Hussain с соавторами [22] изучалось влияние биоугля из хлопчатника и медленнодействующих азотных удобрений (SRNF – slow-release nitrogen fertilizers) на морфофизиологические и биохимические параметры гибридов подсолнечника в условиях засухового стресса. Ключевой аспект работы – моделирование водного дефицита, поскольку засуха является лимитирующим фактором для подсолнечника во многих регионах, и именно в стрессовых условиях роль углерод-секвестрирующих агротехнологий проявляется наиболее ярко.

Авторы показали, что внесение одного биоугля достоверно увеличивало: высоту растений на 18–22% по сравнению с контролем в

условиях умеренной засухи; Площадь листовой поверхности – на 25–30%, что коррелирует с увеличением фотосинтетически активной радиации и, следовательно, потенциальной секвестрацией CO_2; сухую биомассу надземной части – ключевой показатель связанного углерода. При этом биоуголь способствовал снижению накопления малонового диальдегида (МДА) и перекиси водорода (H_2O_2), что указывает на уменьшение оксидативного стресса. Иными словами, биоуголь выполнял не только углерод-депонирующую, но и адаптогенную функцию. Кроме того, исследование доказывает, что карбоновое земледелие на основе выращивания подсолнечника эффективно в стрессовых условиях (засуха). В то же время, несмотря на убедительные результаты, авторы указывают на необходимость проведения долгосрочных полевых экспериментов (более 3–5 лет) для оценки стабильности накопленного углерода и исследований на разных типах почв [22].

Возможные фитосанитарные риски. Внедрение биологизированных приемов выращивания в углероддепонирующие технологии возделывания подсолнечника должны учитывать возможные фитосанитарные риски. Подсолнечник относится к сельскохозяйственным культурам, значительно подверженным негативному влиянию комплекса вредных организмов (болезней, вредителей и сорняков). Особенно усиливаются негативные тенденции в случае расширения производственных посевов и нарушения севооборотов. Процесс интенсификации возделывания подсолнечника сопровождается сокращением срока ее возврата в севообороте до одного–трех лет, вместо рекомендуемых 6-8 лет. Это неминуемо приводит к быстрому обеднении почв питательными веществами и увеличению насыщенности агроценозов вредными организмами, что ведет к увеличению использования минеральных удобрений и химических средств защиты семян и посевов [2]. Одной из проблем при выращивании подсолнечника является обязательная предпосевная обработка семян с обеззараживающими целями. Учитывая высокую степень контаминированности семян данной культуры возбудителями различных болезней и микотоксинами, актуальным является поиск эффективных способов праймирования семян, которые были бы сопряжены с принципами ресурсосберегающего земледелия [8].

Еще одним аспектом возможных фитосанитарных рисков при возделывании подсолнечника может стать внедрение и последующее распространение наиболее опасных сорных растений вследствие использования некачественного семенного материала сидератов [12].

Заключение. Установлено, что потенциал подсолнечника позволяет использовать его для целей фиторемедиации и карбонового земледелия. При этом необходимо учитывать направление использования данной культуры (пищевое, кормовое) и подбирать адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям и специализациям хозяйств элементы технологий, соответствующие принципам ресурсосберегающего земледелия (выбор экологически пластичных гибридов и сортов, способы обработки почвы, предпосевная подготовка семян, внесение органических удобрений, возделывание сидератов). При внедрении биологизированных технологических приемов в карбоновое земледелие необходимо учитывать не только положительные эффекты, но и возможные фитосанитарные риски,

связанные с распространения вредных организмов, сопутствующих агроценозам подсолнечника.

Благодарности. Работа выполнена в рамках тематики государственного задания Национального исследовательского Томского государственного университета FSWM-2026-0008.

Список литературы

1. Алексахин, Р.М. Радиоэкологические аспекты реабилитации сельского хозяйства после аварии на АЭС "Фукусима-1" /Р.М. Алексахин, В.Г. Сычев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2013. – Т. 58. – № 6. – С. 5–13. EDN: SEEQHF.

2. Арасланова, Н.М. Разнообразие биотипов возбудителя ржавчины подсолнечника в регионах Российской Федерации / Н.М. Арасланова, Т.С. Антонова, С.Л. Саукова, М.В. Ивебор М.В. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24. – № 5. – С. 792–798. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.792-798.

3. Денисов, К.Е. Влияние фотосинтетической деятельности на урожайность подсолнечника на юге России / К.Е. Денисов, Н.Ю. Петров, Е.А. Кузнецова, Ю.Н. Петров, Д.В. Чапко // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 12. – С. 34–38. DOI: 10.28983/asj.y2025i12pp34-38.

4. Елисеев, Н.А. Опыт внедрения в производство инновационной технологии переработки шрота подсолнечника с использованием агрегатной установки / Н.А. Елисеев, Р.Х. Кандроков // Кормопроизводство. – 2025. – № 3. – С. 11– 16. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-3-11-16.

5. Иващенко, К.В. Оценка составляющих баланса углерода в агроэкосистемах с традиционной и нулевой обработками черноземов / К.В. Иващенко, С.В. Сушко, А.В. Доброхотов, Е.А. Захарова, Д.А. Хорошаев, Н.М. Троц, Л. В. Орлова // Изв. Самарской ГСХА. – 2025. – Т. 10. – № 4. – С. 3–10. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-3-10.

6. Искужина, М.Г. Биологические методы очистки окружающей среды от тяжелых металлов / М.Г. Искужина, Е.В. Кузина, С.Р. Мухаматдьярова, Т.Ю. Коршунова // Экобиотех. – 2023. – Т. 6. – № 2. – С. 120–138. DOI: 10.31163/2618-964X2023-6-2-120-138. EDN: HADIVX.

7. Коновалов, Д.А. Подсолнечник однолетний: фитохимия, фармакология, фармакогнозия, перспективы использования в медицине / Д.А. Коновалов – Казань: ООО "Бук". – 2025. – 112 с. EDN: YBKFMO.

8. Кононенко, Г.П. Проблема безопасного использования подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) для пищевых и кормовых целей / Г.П. Кононенко, М.И. Устюжанина, А.А. Буркин // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – № 3. – С. 485–498. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.485rus.

9. Красноярова, Б.А. Углеродный баланс в степных и лесостепных агроэкосистемах Алтайского края / Б.А. Красноярова, А.Е. Назаренко, Т.Г. Плуталова, С.Н. Шарабарина // Юг России: экология, развитие. – 2025. – Т. 20. – № 1 (74). – С. 68–79. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-7

10. Кривошлыков, К.М. Развитие рынков сырья масложировой отрасли АПК в мире и России в современных экономических условиях / К.М Кривошлыков, М.В. Трунова, А.В. Лукомец, Е.Ю. Макарская // Масличные культуры. – 2025. – Вып. 3 (203). – С. 111–118. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-3-203-111-118.

11. Кудеяров, В.Н. Секвестрация углерода в почве: факты и проблемы (аналитический обзор) / В.Н. Кудеяров // Успехи современной биологии. – 2022. – Т.142. – № 6. – С. 545–559. DOI: /10.31857/S0042132422060047.

12. Михайлова, С.И. Возможность заноса сорных растений с семенами редьки масличной / С.И. Михайлова, Т.В. Эбель // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 11. – С. 35–38. DOI: 10.28983/asj.y2020i11pp35-38.

13. Михайлова, С.И. Перспективные направления использования горца Вейриха (*Polygonum weyrichii*) и его инвазивный потенциал / С.И. Михайлова, С.А. Сучкова, Т.П.

Астафурова // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 4 (205). – С. 20–28. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-20-28.

14. Мосина, Л.В. Фитоэкстракция свинца и кадмия из почвогрунтов полигонов отходов некоторыми сельскохозяйственными культурами / Л.В. Мосина, Ю.А. Холопов, Ю.А. Жандарова // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 1. – С. 154–161. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-1-154-161.

15. Низаметдинов, З.М. Секвестрация диоксида углерода сельскохозяйственными культурами / З.М. Низаметдинов, И.Г Асылбаев, Р.Р. Мирсаяпов // Вестник Башкирского ГАУ. – 2025. – № 4. – С. 30–37. DOI: 10.31563/1684-7628-2025-76-4-30-37

16. Пак, Т.С. Оценка секвестрационного потенциала растений подсолнечника и кукурузы для карбонового земледелия в условиях Томской области / Т.С. Пак, Т.П. Астафурова // Экология и управление природопользованием// Сб. науч. трудов VII Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием// Томск: ГУ, 2024. – С. 70–72. EDN: XLQNXS

17. Подсолнечник 2026: кризис переработки, рекордный урожай и новые рынки сбыта https://agroserver.ru/articles/8096.htm (дата обращения 10.04.2026).

18. Сомин, В. А. Использование отходов растениеводства при очистке воды от фенола / В.А. Сомин, А. Бетц, Л.Ф. Комарова // Вода: химия и экология. – 2016. – № 4(94). – С. 48-53.

19. Шагиев, Б.З. Эколого-экономическая эффективность применения лузги подсолнечника в процессе биодеструкции углеводородов нефти / Б.З. Шагиев, В.А. Бурлака, Е.П. Ищенко, Н.В. Бурлака // Нива Поволжья. – 2016. – № 1(38). – С. 50–56.

20. Balabanova, B. et al. A comparative study of carbon farming and conventional systems in corn and sunflower cultivation: case study in North Macedonia // Journal of agriculture and plant sciences, JAPS. 2025. Vol 23, No. 1. Pp. 19-32. DOI: 10.46763/JAPS2523119b

21. Domazetovska, S. et al. Exploring the Potential of Biomass Pyrolysis for Renewable and Sustainable Energy Production: A Comparative Study of Corn Cob, Vine Rod, and Sunflower. Sustainability. – 2023. – 15 – 13552. DOI: 10.3390/ su15181355

22. Hussain, S. et al. Deciphering the morphophysiological and biochemical response of sunflower hybrids with the application of biochar and slow-release nitrogen fertilizers under drought stress for sustainable crop production. // Front. Plant Sci. 2025. 16:1541123. DOI: 10.3389/fpls.2025.1541123

23. Jansson, C. et al. Crops for Carbon Farming // Front. Plant Sci. – 2021. 12:636709. DOI: 10.3389/fpls.2021.636709.

24. Kubaczyński, A. et al. Application of nitrogen-rich sunflower husks biochar promotes methane oxidation and increases abundance of Methylobacter in nitrogen-poor soil // J Environ Manage. 2023. 15;348:119324. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119324.

25. Laila, U. et. al. Novel Method for the Enhancement of Sunflower Growth from Animal Bones and Chicken Feathers // Plants. 2024, 13, 2534. https://doi.org/10.3390/plants13172534

References

1.Aleksakhin, R.M., Sychev, V.G. Radioecological aspects of agricultural rehabilitation after the accident at the Fukushima-1 nuclear power plant. Medical radiology and radiation safety, 2013, D. 58, no. 6, pp. 5-13. EDN: SEEQHF.

2.Araslanova, N.M. et al. Diversity of biotypes of the causative agent of sunflower rust in the regions of the Russian Federation. Agrarian Science of the Euro-North-East, 2023, D. 24, no. 5, pp. 792-798. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.792-798.

3.Denisov, K.E. et al. The influence of photosynthetic activity on sunflower yield in the south of Russia. Agrarian Scientific Journal, 2025, no. 12, pp. 34-38. DOI: 10.28983/asj.y2025i12pp34-38.

4.Eliseev, N.A., Kandrokov, R.H. The experience of introducing into production an innovative technology for processing sunflower meal using an aggregate plant. Feed production, 2025, no. 3, pp. 11-16. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-3-11-16.

5.Ivashchenko, K.V. et al. Assessment of carbon balance components in agroecosystems

with traditional and zero treatment of chernozems. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy, 2025, D. 10, no. 4, pp. 3-10. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-3-10.

6.Iskuzhina, M.G. et al. Biological methods of environmental purification from heavy metals Ecobiotech, 2023, D. 6, no. 2, pp. 120-138. DOI: 10.31163/2618-964X2023-6-2-120-138 EDN: HADIVX.

7.Konovalov, D.A. Annual sunflower: phytochemistry, pharmacology, pharmacognosy, prospects for use in medicine. Kazan: LLC "Buk", 2025,112 p. EDN: YBKFMO.

8.Kononenko, G.P. et al. The problem of safe use of sunflower (Helianthus annuus L.) for food and feed purposes. Agricultural Biology, 2018, D. 53, no. 3, pp. 485-498. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.485rus.

9.Krasnoyarova, B.A. et al. Carbon balance in steppe and forest-steppe agroecosystems of the Altai Territory. South of Russia: ecology, development, 2025, D. 20, no. 1 (74), pp. 68-79. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-7.

10.Krivoshlykov, K.M. et al. Development of raw materials markets of the fat and oil industry in the world and Russia in modern economic conditions. Oilseeds, 2025, no. 3 (203), pp. 111-118. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-3-203-111-118.

11.Kudeyarov, V.N. Carbon sequestration in soil: facts and problems (analytical review). Successes of modern biology, 2022, D.142, no. 6, pp. 545-559. DOI: /10.31857/S0042132422060047.

12.Mikhailova, S.I., Ebel, T.V. The possibility of introducing weeds with oilseed radish seeds. Agrarian Scientific Journal, 2020, no. 11, pp. 35-38. DOI: 10.28983/asj.y2020i11pp35-38.

13.Mikhailova, S.I. et al. Promising areas of use of the Weyrich highlander (Polygonum weyrichii) and its invasive potential. KrasGAU Bulletin, 2024, no. 4 (205), pp. 20-28. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-20-28.

14.Mosina, L.V. et al. Phytoextraction of lead and cadmium from soils of landfills by some agricultural crops. Theoretical and applied ecology, 2023, no. 1, pp. 154-161. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-1-154-161.

15.Nizametdinov, Z.M. et al. Sequestration of carbon dioxide by agricultural crops. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University, 2025, no. 4, pp. 30-37. DOI: 10.31563/1684-7628-2025-76-4-30-37.

16.Pak, T.S., Astafurova, T.P. Assessment of the sequestration potential of sunflower and corn plants for carbon farming in the Tomsk region. Tomsk, 2024, pp. 70-72. EDN: XLQNXS.

17. Sunflower 2026: Processing Crisis, Record Harvest, and New Sales Markets https://agroserver.ru/articles/8096.htm (accessed April 10, 2026).

18. Somin, V.A. et al. Use of Crop Production Waste for Removing Phenol from Water. *Water: Chemistry and Ecology, 2016, no.4(94), pp. 48–53.

19. Shagiev, B. Z. et al. Ecological and Economic Efficiency of Using Sunflower Husks in the Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons. Niva Povolzhya, 2026, no.1(38), pp.50–56.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received: 21.09.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 13.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах:

Абзалтденов Тимур Зафарович – младший научный сотрудник лаборатории

сельскохозяйственных растений Сибирского ботанического сада, Национальный исследовательский Томский государственный университет. Область исследований – плодоводство, растениеводство. Автор 15 научных публикаций, соавтор монографии.
Контактная информация: НИ ТГУ. 634050, Россия, Томская область, г. Томск, проспект Ленина, д. 36, e-mail: vstudenyy@inbox.ru.

Михайлова Светлана Ивановна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственных растений Сибирского ботанического сада, Национальный исследовательский Томский государственный университет. Область исследований – ботаника, растениеводство, гербология. Автор более 150 научных публикаций, соавтор монографии.
Контактная информация: НИ ТГУ. 634050, Россия, Томская область, г. Томск, проспект Ленина, д. 36, e-mail: mikhailova.si@yandex.ru.

Пак Таис Сергеевна – аспирант кафедры сельскохозяйственной биологии НИ ТГУ ". Область исследований – экология. Автор 7 научных работ.
Контактная информация: НИ ТГУ. Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства (Биологический институт). 634050, Россия, Томская область, г. Томск, проспект Ленина, д. 36, e-mail: 1998tais@mail.ru.

Сучкова Светлана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственных растений Сибирского ботанического сада, Национальный исследовательский Томский государственный университет. Область исследований –плодоводство, растениеводство. Автор более 70 научных публикаций, соавтор монографии.
Контактная информация: НИ ТГУ. 634050, Россия, Томская область, г. Томск, проспект Ленина, д. 36, e-mail: suchkova.s.a@mail.ru.

Information about authors:
Timur Z. Abzaltdenov - junior researcher at the Laboratory of Agricultural Plants of the Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University. Research area - horticulture, crop production. Author of 15 scientific publications, co-author of the monograph.
***Contact information*:** NR TSU. 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050, e-mail: vstudenyy@inbox.ru.

Svetlana I. Mikhailova - Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Plants of the Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University. Research area-botany, plant breeding, herbology. Author of more than 150 scientific publications, co-author of the monodraph.
***Contact information*:** NR TSU. 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050,, e-mail: mikhailova.si@yandex.ru.

Tais S. Pak - postgraduate student at the Department of Agricultural Biology at the NR TSU. Research area-ecology. Author of 7 scientific papers.
***Contact information*:** NR TSU. 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050, e-mail: 1998tais@mail.ru.

Svetlana A. Suchkova -Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Plants of the Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University. Research area-fruit growing, crop production. Author of more than 70 scientific publications, co-author of the monograph "Honeysuckle in the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University" (2024).
***Contact information*:** NR TSU. 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050,, e-mail: suchkova.s.a@mail.ru.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

2026; 5 (136): 56-64
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–56–64

УДК 631.893

Научная статья

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ НА АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ МАКРОУДОБРЕНИЙ

А.К. Подшивалова, Е.А. Бахолдина

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

Аннотация. Исследование выполнялось методом физико-химического моделирования на основе минимизации энергии Гиббса системы. Моделировали системы: Известняк – вода – воздух; Известняк – аммонийная селитра – вода – воздух; Известняк – двойной суперфосфат – вода – воздух; Известняк – хлорид калия – вода – воздух; Мольное соотношение известняк**:** макроудобрение = 10:1. Известняк оказывает существенное влияние на свойства компонентов термодинамической системы почва – растение – вода – воздух. Выявлено значительное влияние известняка на активность кислорода. Внесение в почву известняка приводит к значительному увеличению активности кислорода – более чем в 5 раз при увеличении количеств известняка в исследуемой системе от 0.2 моль до 6.0 моль, что соответствует внесению известняка в почву в дозах 0.2–6.0 т/га. Логично предположить, что увеличение активности кислорода будет способствовать повышению эффективности процессов биосинтеза в почве и в растениях. Увеличение активности кислорода является одним из факторов, способствующих созданию термодинамической вероятности связывания атмосферного азота с образованием нитрат-иона. Другим фактором, обеспечивающим протекание энергетически высокозатратного процесса разрыва тройной связи в молекуле атмосферного азота, может являться наличие ионов кальция, выполняющих каталитическую роль в этом процессе. Активность калия, входящего в состав калийсодержащих минеральных удобрений, снижается при сравнительно больших (3 т/га и более) дозах известняка. Наличие известняка в составе смешанных минеральных удобрений способствует увеличению активности фосфора, входящего в состав двойного суперфосфата, и, как следствие, повышению эффективности использования фосфорных удобрений.

Ключевые слова*:* физико-химическое моделирование, химический потенциал, минеральные удобрения, известняк.

Для цитирования: Подшивалова А.К., Бахолдина Е.А. Термодинамическая оценка влияния известкования почв на активность компонентов макроудобрений. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 56–64. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–56–64.

2026; 5 (136): 56-64 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

THERMODYNAMIC ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SOIL LIMING ON THE ACTIVITY OF MACRONUTRIENT COMPONENTS

Anna K. Podshivalova, Ekaterina A. Bakholdina
Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

Abstract. The study was conducted using a physicochemical modeling method based on the minimization of the system's Gibbs free energy. The following systems were modeled: 1. Limestone–water–air; 2. Limestone–ammonium nitrate–water–air; 3. Limestone–double superphosphate–water–air; 4. Limestone–potassium chloride–water–air. The molar ratio of limestone to macronutrient fertilizer was 10:1. Limestone exerts a significant influence on the properties of the components within the soil–plant–water–air thermodynamic system. A substantial effect of limestone on oxygen activity was observed. The application of limestone to the soil leads to a significant increase in oxygen activity—more than fivefold—as the amount of limestone in the system rises from 0.2 moles to 6.0 moles (corresponding to application rates of 0.2–6.0 tonnes per hectare). It is logical to assume that an increase in oxygen activity will enhance the efficiency of biosynthetic processes within the soil and in plants. This rise in oxygen activity is one of the factors that facilitates the thermodynamic probability of atmospheric nitrogen fixation, resulting in the formation of nitrate ions. Another factor that may facilitate the energetically demanding process of breaking the triple bond in atmospheric nitrogen molecules is the presence of calcium ions, which act as catalysts in this process. The activity of potassium—derived from potassium-containing mineral fertilizers—decreases when limestone is applied at relatively high rates (3 tonnes per hectare or more). The presence of limestone in mixed mineral fertilizers helps increase the activity of the phosphorus contained in double superphosphate, thereby improving the efficiency with which phosphorus fertilizers are utilized.
Keywords: Physico-chemical modeling, chemical potential, mineral fertilizers, and limestone.

For citation: Podshivalova A.K., Bakholdina E.A. Thermodynamic assessment of the effect of soil liming on the activity of macronutrient components. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA".* 2026;5 (136): 56–64. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–56–64.

Введение. Известкование как общепризнанный метод снижения кислотности почв используется достаточно широко. Внесение известняка в почву способствует улучшению структуры почвы, кислотно-основных характеристик и, как следствие, повышению урожайности сельскохозяйственных культур [1-3,8].

В научной литературе обозначен также иной подход к оценке роли известкования почв. Так, в работах [5,11-12] приводится термодинамическое обоснование особенной, предположительно, каталитической роли кальция, входящего в состав известняка, гашеной извести, доломита, на возможность связывания атмосферного азота для участия в биохимических процессах в почве и в растении. Кроме того, и это достаточно очевидно, известняк оказывает влияние на активность других участников биохимических процессов, входящих в состав атмосферы, макро- и микроудобрений.

Цель - изучение влияния известняка на активность важнейших компонентов смешанных макроудобрений.

Материал и методы. Исследование выполнялось методом физико-химического моделирования на основе минимизации энергии Гиббса системы [9-10]. Метод опробован при изучении различных природных

процессов и систем, в том числе в агрохимических исследованиях. [4-5, 11-14]. Исходные термодинамические данные – значения энергии Гиббса образования веществ в стандартных условиях. Основными источниками термодинамических величин явились работы [6–7, 15].

Моделировали системы:

1. Известняк – вода – воздух;
2. Известняк – аммонийная селитра – вода – воздух;
3. Известняк – двойной суперфосфат – вода – воздух;
4. Известняк – хлорид калия – вода – воздух;

Мольное соотношение известняк**:**макроудобрение = 10:1.

Характеристикой активности компонента является парциальное значение изобарно-изотермического потенциала (энергии Гиббса) этого компонента. Снижение изобарно-изотермического потенциала компонента соответствует увеличению его активности.

Результаты и обсуждение. Полученные результаты представлены на рисунках 1-4.

Одним из важнейших участников обменных процессов в системе почва – растение – воздух является кислород. Кислород содержится в атмосфере, почве, входит в состав макроудобрений, участвует в процессах биосинтеза в растениях.

Как следует из данных, представленных на рисунке 1, внесение в почву известняка приводит к значительному увеличению активности кислорода – более чем в 5 раз при увеличении количеств известняка в исследуемой системе от 0.2 моль до 6.0 моль, что соответствует внесению известняка в почву в дозах 0.2–6.0 т/га. Логично предположить, что увеличение активности кислорода будет способствовать повышению эффективности процессов биосинтеза в почве и в растениях.

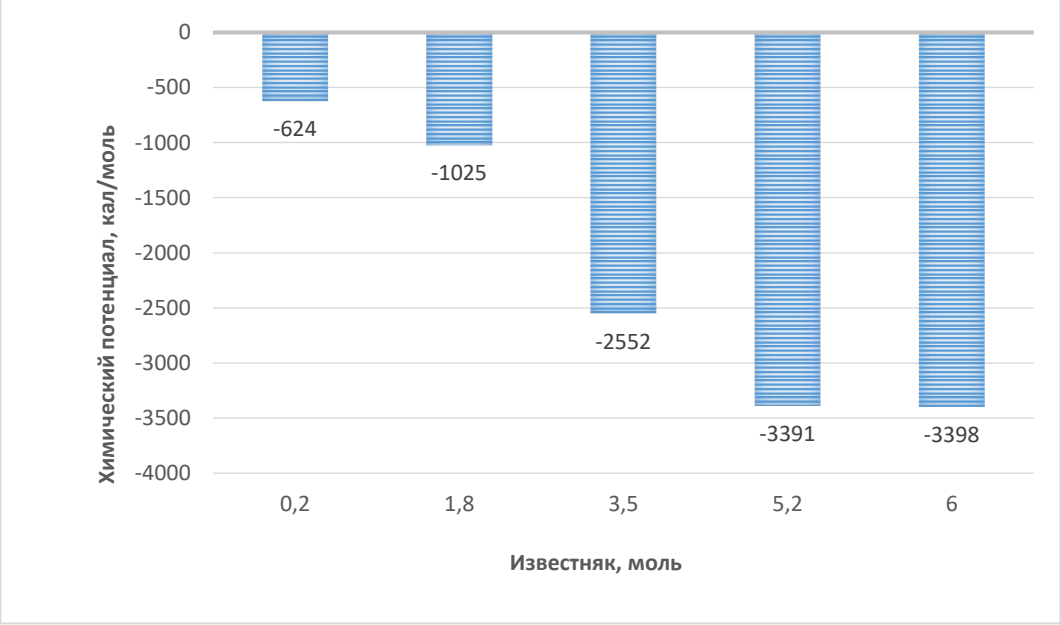

Рисунок 1 – **Влияние известняка на активность кислорода в системе почва – растение – вода - воздух**

Figure 1 – **Influence of limestone on oxygen activity in the soil–plant–water–air system**

Иная, на первый взгляд, зависимость прослеживается в отношении активности азота (рис. 2), поскольку химический потенциал азота увеличивается по мере увеличения количеств известняка до 6 моль. Но в данном случае ситуация иная. Повышение химического потенциала азота свидетельствует о вовлечении в процесс свободного азота – простого вещества, для которого значение энергии Гиббса образования равно 0.

Следовательно, чем больше атмосферного азота вовлекается в процесс, тем выше значение химического потенциала этого компонента. Очевидно, что с химической точки зрения связывание атмосферного азота может происходить как в восстановленной, так и окисленной формах. Но при выявленной высокой активности кислорода конечным продуктом фиксации атмосферного азота в условиях моделирования является нитрат-ион.

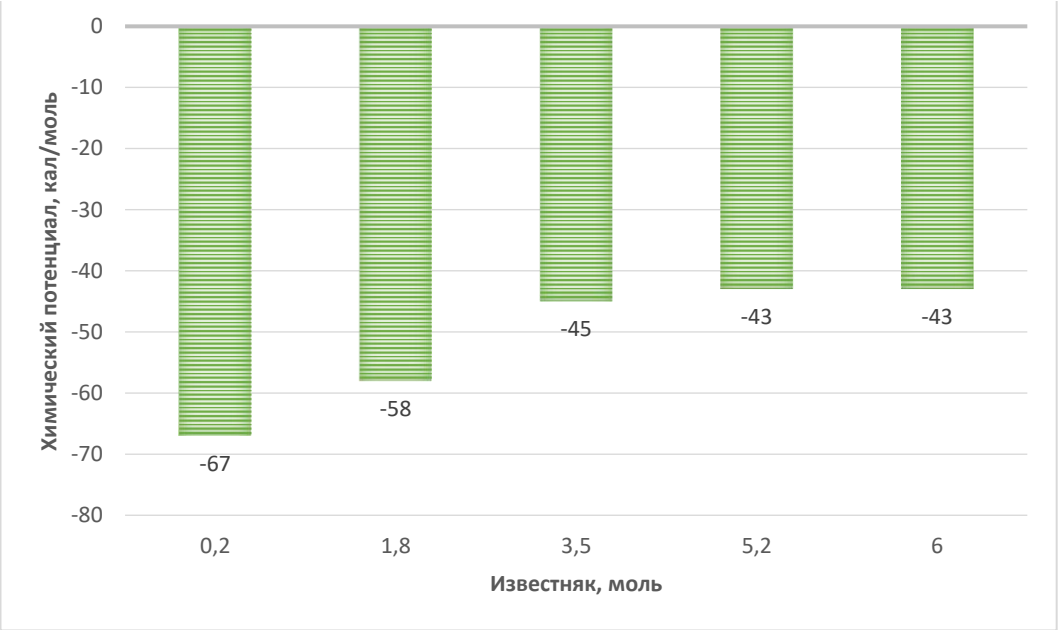

Рисунок 2 – **Влияние известняка на активность азота в системе почва – растение – вода - воздух**
Figure 2 – **Influence of limestone on nitrogen activity in the soil–plant–water–air system**

Вышеуказанное предположение подтверждается увеличением содержания нитрат-иона в исследуемой системе по мере увеличения количеств известняка (рис. 3).

Вовлечение в систему атмосферного азота при увеличении активности кислорода способствует окислению азота с образованием, в конечном итоге, нитрат-иона. Данный факт является подтверждением термодинамической вероятности фиксации атмосферного азота, которая может быть реализована созданием соответствующих условий. О том, что процесс связывания атмосферного азота возможен, свидетельствует деятельность азотфиксирующих бактерий, продукты жизнедеятельности которых катализируют энергетически высокозатратный процесс разрыва тройной связи в молекуле атмосферного азота.

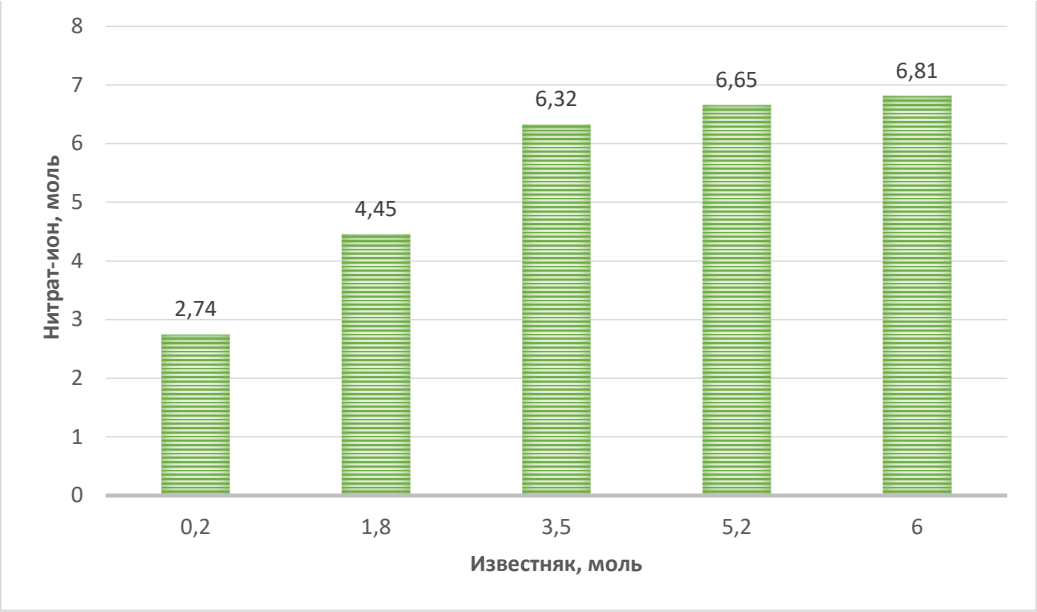

Рисунок 3 – **Влияние известняка на содержание нитрат-иона в системе почва – растение – вода – воздух**
Figure 3 – **Influence of limestone on nitrate-ion content in the soil–plant–water–air system**

Кроме того, нами уже высказывалось предположение о возможной в этом отношении каталитической роли кальция, которая подтверждается образованием окисленных кальцийсодержащих природных минеральных соединений [5,12-13].

Данные, приведенные на рисунке 4, свидетельствуют о том, что известкование почв способствует увеличению активности фосфора, входящего, в частности, в состав двойного суперфосфата. Можно предположить, что увеличение активности фосфора связано с увеличением подвижных форм фосфора. Следовательно, известкование почв может способствовать увеличению эффективности использования дорогостоящих фосфорных удобрений.

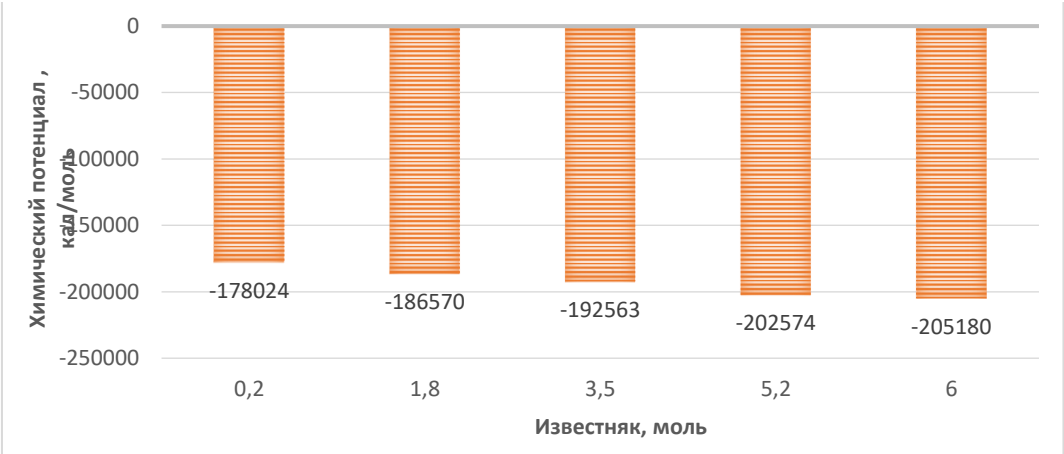

Рисунок 4 – **Влияние известняка на активность фосфора в системе почва – растение – вода - воздух**
Figure 4 – **Influence of limestone on phosphorus activity in the soil–plant–water–air system**

Активность калия, входящего в состав калийного удобрения, напротив, снижается в присутствии известняка (рис. 5).

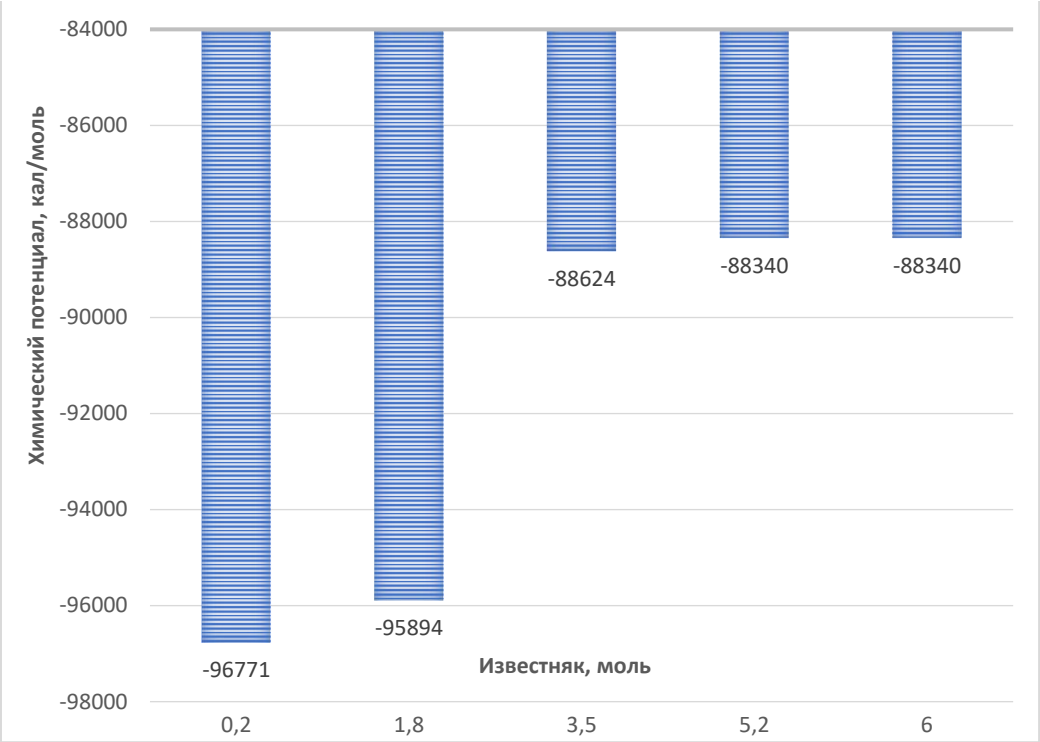

Рисунок 5 – **Влияние известняка на активность калия в системе почва – растение – вода - воздух**

Figure 5 – **Influence of limestone on potassium activity in the soil–plant–water–air system**

При этом резкое снижение активности калия наблюдается в системе с содержанием известняка более 3 моль, что соответствует внесению в почву известняка из расчета 3 т/га.

Заключение. Известняк оказывает существенное влияние на свойства компонентов термодинамической системы почва – растение – вода – воздух. Выявлено значительное влияние известняка на активность кислорода. При увеличении известняка в исследуемой системе от 0.2 т/га до 6 т/га химический потенциал кислорода возрастает более чем в 5 раз. Увеличение активности кислорода является одним из факторов, способствующих созданию термодинамической вероятности связывания атмосферного азота с образованием нитрат-иона. Другим фактором, обеспечивающим протекание энергетически высокозатратного процесса разрыва тройной связи в молекуле атмосферного азота, может являться наличие ионов кальция, выполняющих каталитическую роль в этом процессе. Активность калия, входящего в состав калийсодержащих минеральных удобрений, снижается при сравнительно больших (3 т/га и более) дозах известняка. Наличие известняка в составе смешанных минеральных удобрений способствует увеличению активности фосфора, входящего в состав двойного суперфосфата, и, как следствие,

повышению эффективности использования фосфорных удобрений.

Список литературы

1. Карпова, А.Ю. Влияние известкования на содержание подвижных форм алюминия в дерново-подзолистой почве и урожайность полевых культур / А.Ю. Карпова, А.Н. Исупов, А.С. Башков, Т.Ю. Бортник // Вестник Удмуртского ун-та. Серия Биология. Науки о Земле. - 2013. - №6-3. - С.50-52.

2. Кирпичников, Н.А. Действие и последействие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при различной степени известкования / Н.А. Кирпичников, С.Н. Андрианов // Агрохимия. – 2007. - №10. – С. 14-23.

3. Нуриев, С.Ш. Экологическая роль известкования кислых почв в республике Татарстан /С.Ш. Нуриев, А.А. Лукманов, А.И. Ахтямов //Агрохимия. – 2010. - №1. С. 2-4.

4. Подшивалова, А.К. Влияние почвы на активность компонентов смешанных минеральных удобрений / А.К. Подшивалова // Вестник КрасГАУ. - 2019. - Вып. 7. - С. 31-36.

5. Подшивалова, А.К. Биологическая роль кальция в составе смешанных минеральных удобрений / А.К. Подшивалова // Вестник ИрГСХА. - 2021. - Вып. 106. - С. 54-62.

6. Термические константы веществ / Под ред. В. П. Глушко. - Вып. 6, ч. 1. - М.: ВИНИТИ - 1972. - 370 с.

7. Термические константы веществ / Под ред. В. П. Глушко. - Вып. 7, ч. 1. - М.: ВИНИТИ. - 1974. -344 с.

8. Яковлева, Л.В. Влияние известкования на состояние фосфатов в дерново-подзолистой супесчаной почве / Л.В. Яковлева, Г.А. Лобзева, Е.А. Бойцова // Изв. С-ПбГАУта. – 2016.- №45. – С.98-102.

9. Karpov, I.K. Modeling chemical mass transfer in geochemical processes: thermodynamic relations, conditions of equilibria and numerical algorithms / I.K. Karpov, K.V. Chudnenko, D.A Kulik // American Journal of Science. - Vol. 297. - 1997. - P. 767–806.

10. Karpov, I.K. The convex programming minimization of five thermodynamic potentials other than Gibbs energy in geochemical modeling / I. K. Karpov, K. V. Chudnenko, D. A Kulik, Bychinskii V. A. // American Journal of Science. - Vol. 302. - 2002. - P. 281–311.

11. Podshivalova, A.K. Oxygen activity as a function of the composition of mixed fertilizers / A K Podshivalova // 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 315 052056

12. Podshivalova, A.K. Limestone and slaked lime influence physical and chemical modelling on the mixed mineral fertilizers components activity / A. K. Podshivalova, N.V. Butorina // 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 677(5) 052025

13. Podshivalova, A.K. The atmospheric nitrogen fixation thermodynamic probability study depending on the mixed mineral fertilizers composition / A.K. Podshivalova, E.S. Gogol // 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 839(4) 042098

14. Podshivalova, A.K. The influence of chemical soils composition on the thermodynamic probability of the air nitrogen fixation / A.K. Podshivalova // 2020 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 548 052002

15. Yokokawa, H. Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds // Journal of the national chemical laboratory for industry. Tsukuba Ibaraki 305, Japan, 1988, v. 83, pp. 27–118.

References

1. Karpova, A.Yu. et al. The effect of liming on the content of mobile forms of aluminum in sod-podzolic soil and the yield of field crops. Bulletin of Udmurt University. Series: Biology.

Earth Sciences, 2013, no. 6-3, pp. 50–52.

2. Kirpichnikov, N.A., Andrianov, S.N. The effect and residual effect of phosphorus fertilizers on heavy-loamy sod-podzolic soil under varying degrees of liming. Agrochemistry, 2007, no. 10, pp. 14–23.

3. Nuriev, S.Sh. et al. The ecological role of liming acidic soils in the Republic of Tatarstan. Agrochemistry, 2010, no. 1, pp. 2–4.

4. Podshivalova, A.K. The influence of soil on the activity of components in mixed mineral fertilizers. Bulletin of KrasGAU, 2019, no. 7, pp. 31–36.

5. Podshivalova, A.K. The biological role of calcium in the composition of mixed mineral fertilizers. Vestnik IrGSHA , 2021, no. 106, pp. 54–62.

6. Thermal Constants of Substances. Moscow: VINITI, 1972, no. 6, Part 1, 370 p.

7. Thermal Constants of Substances. Moscow: VINITI, 1974, no. 7, Part 1, 344 p.

8. Yakovleva, L.V. et al. The effect of liming on the state of phosphates in sod-podzolic sandy-loam soil. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University, 2016, no. (45), pp.98–102.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:02.10.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:16.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах:
Бахолдина Екатерина Андреевна – студентка агрономического факультета.
Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный.

Подшивалова Анна Кирилловна – кандидат химических наук, доцент кафедры агроэкологии и химии Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. Является автором более 90 научных публикаций. Область исследований – взаимное влияние компонентов сложных многокомпонентных систем с участием почв, растений, макро- и микроудобрений.
Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: akpodshivalova@yandex.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8083-857X.

Information about authors:
Ekaterina A. Bakholdina– student of the Agronomy Faculty.
Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038 Russia.

Anna K. Podshivalova– Candidate of Chemical Sciences, Ass. Professor of the Department of

Agroecology and Chemistry, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky. Author of more than 80 scientific publications. Research area - mutual influence of components of complex multicomponent systems involving soils, plants, macro– and micro fertilizers.
Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: akpodshivalova@yandex.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8083-857X.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

2026; 5 (136): 65-74
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–65–74

УДК 712.4:635.925

Научная статья

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОПИАРНЫХ ФОРМ *ACER GINNALA* (MAXIM.).

С.В. Половинкина, Е.И. Гарина

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

Аннотация. В статье приведены результаты формирования топиарных форм *Acer ginnala* (Maxim.) в условиях Иркутского района. Данная культура является перспективным интродуцентом в Иркутской области для использования его в озеленении городского пространства, в том числе создания живых изгородей и топиарных форм. Цель работы - изучить основы формирования топиариев *Acer ginnala* (Maxim.) и их декоративность в условиях Иркутского района. Объект исследования - семи-восьмилетние растения *A. ginnala*, культивируемые в условиях Иркутского района в рядовых посадках. Исследования проведены в течение 5 лет, с 2021 по 2025г. Растения систематически подвергались формирующей стрижке для топиарных композиций сферической архитектоники. Формирование топиариев из *A. ginnala* включало последовательные этапы обрезки, приуроченные к основным фенологическим фазам развития: санитарная обрезка ранней весной в марте-апреле с удалением повреждённых и засохших побегов до начала вегетационного периода, основная формирующая стрижка в начале июля в период цветения с равномерным укорачиванием прироста текущего года на 30–50%, по необходимости корректирующая стрижка в середине августа после одревеснения побегов для выравнивания контура, а также визуальный контроль формы и точечная подрезка отдельных побегов в конце сентября для подготовки растений к зимнему периоду. Исследуемые экземпляры культуры отличались высокой жизнеспособностью и способностью к устойчивому поддержанию заданной геометрической формы при минимальном количестве уходовых мероприятий. Средний линейный прирост побегов в течение вегетационного периода составлял 3,5–4,1 см, что обеспечивало достаточную интенсивность кущения для формирования плотной, однородной кроны. По адаптационным признакам *A. ginnala* проявил себя как высокозимостойкий интродуцент. Полученные данные позволяют рекомендовать данный вид в качестве перспективного объекта для создания долговечных топиарных композиций в системе городского озеленения Иркутского района.

Ключевые слова: *Acer ginnala*, топиарные формы, интродуценты Сибири, стрижка растений, декоративность, регенерационный потенциал.

Для цитирования: Половинкина С.В., Гарина Е.И., Основы формирования топиарных форм *Acer ginnala* (Maxim). *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 65–44. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–65–74.

2026; 5 (136): 65-74 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

BASICS OF FORMING TOPIARY FORMS *ACER GINNALA* (MAXIM.)

Svetlana V. Polovinkina, Elizaveta I. Garina

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

Abstract. The article presents results on forming topiary shapes from *Acer ginnala* (Maxim.) under conditions in the Irkutsk region. This crop is a promising introduction to the region for use in urban landscaping, including the creation of hedges and topiary forms. The purpose of this work is to study the fundamentals of forming *Acer ginnala* (Maxim.) topiaries and their decorative value within the environment of the Irkutsk district. The object of the study consists of seven-to-eight-year-old *A. ginnala* plants cultivated in ordinary plantings in the Irkutsk region. Research was conducted over a five-year period, from 2021 to 2025. The plants were systematically subjected to formative shearing to create topiary compositions with spherical architecture. The formation of topiaries from *A. ginnala* included successive pruning stages timed to coincide with the main phenological phases of development: sanitary pruning in early spring (March–April) involving the removal of damaged and withered shoots before the start of the growing season; a primary formative haircut in early July during the flowering period, featuring a uniform shortening of the current year's growth by 30–50% as necessary; and a corrective haircut in mid-August after shoot lignification for contour alignment. Additionally, visual shape control and spot pruning of individual shoots were performed at the end of September to prepare the plants for winter. The studied specimens were characterized by high viability and the ability to sustainably maintain specific geometric shapes with minimal maintenance. The average linear growth of shoots during the growing season was 3.5–4.1 cm, which ensured sufficient tillering intensity to form a dense, homogeneous crown. Regarding adaptive characteristics, *A. ginnala* proved to be a highly tolerant introduction. These data allow for the recommendation of this species as a promising candidate for creating durable topiary compositions within the urban landscaping system of the Irkutsk district.
Keywords: *Acer ginnala*, topiary forms, introduced plant species in Siberia, plant pruning, ornamental value, regenerative potential.

For citation: Polovinkina S.V., Garina E.I. Basics of forming topiary forms *Acer ginnala* (Maxim). *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA".* 2026;5 (136): 65–74. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–65–74.

Введение. Городское озеленение является ключевым инструментом для формирования визуально привлекательной и экологически сбалансированной городской среды и выполняет средообразующую, рекреационную и архитектурно-художественную функции.

Климатические условия региона служат естественным лимитирующим фактором, значительно сокращая перечень древесных пород, устойчивых к продолжительному формовочному воздействию. В условиях резко-континентального климата г. Иркутска детерминирующим фактором выживаемости растений выступает комплекс адаптационных механизмов, включающий глубинную морозостойкость, способность к полному вызреванию побегов и резистентность к зимнему иссушению, что актуализирует поиск и изучение адаптированных видов как стратегическую задачу для устойчивого развития урбоэкосистем сибирских регионов.

Acer ginnala (Maxim.) (клен Гиннала) – многоствольный кустарник или

небольшое дерево, естественный ареал вида - Дальний Восток и Восточная Азия [6]. Вид обладает рядом ценных эколого-биологических качеств: высокой морозоустойчивостью и зимостойкостью (до -35°С), засухоустойчивостью, способностью успешно развиваться в условиях городской среды [1,2,9]. Его декоративность, особенно яркая осенняя окраска листвы в огненно-красные и оранжевые тона, делает его перспективным объектом для ландшафтного дизайна.

Предыдущие исследования Кузьминой Н.А, Худоноговой Е.Г., Николаевой Н.А., Тяпаевой М.А., Дубасовой Е.И. и др. подтвердили высокую перспективность интродукции *Acer ginnala* в Предбайкалье [5,7,9,11-21]. Однако вопросы, связанные с технологией создания сложных топиарных форм из кустарниковых интродуцентов, остаются малоизученными.

Цель - изучить основы формирования топиариев из *Acer ginnala* (Maxim.) и их декоративность в условия Иркутского района.

Материал и методы. Объект исследования - *A. ginnala* в рядовых посадках п. Молодежный Иркутского района. Исследования проведены в течение 5 лет, с 2021 по 2025 гг. Растения ежегодно подвергались формирующей стрижке для формирования топиарных композиций сферической архитектоники.

Исследования основаны на применении комплексных современных подходов к интродукции и дендрологической оценке древесных растений, адаптированных для регионов с резкоконтинентальным климатом, с опорой на протоколы Российской академии наук, международные стандарты по оценке морозоустойчивости и методические рекомендации ведущих ботанических садов. [1-3,8-10,14].

Адаптационные возможности *A. ginnala* определялись на основе балльной оценки зимостойкости, морозостойкости, ритма сезонного развития и способности к регенерации согласно агрегированным критериям Кузьминой и Филатовой и требованиям ГОСТ Р 56741-2015 "Декоративные растения для озеленения. Оценка качества" [2,9]. Морфометрические наблюдения, проведённые по методике Гродзинского, включали измерение линейного прироста побегов, плотности кроны и темпов отрастания после регулярных формирующих обрезок (1–2 раза в сезон) [4]. Декоративная устойчивость сформированных топиарных объектов оценивалась по 5-балльной шкале, составленной на основе методики Еремеевой Т.В. и согласованной с ГОСТ 28329–89. Баллы присваивались за точность сохранения формы, стабильность облиственности и общее визуальное состояние [6].

Результаты и обсуждение. В течение 2021–2025 гг. растения *A. ginnala* регулярно подвергались формирующей стрижке: основной этап обрезки приходился на начало июля и август с периодичностью 1–2 раза за сезон, что соответствовало фазам активного отрастания побегов. Каждая операция стрижки фиксировалась с указанием даты, схемы обрезки, и площади удаления прироста. Для оценки эффективности формирующего воздействия в динамике учитывали средний линейный прирост побегов в сантиметрах, визуальные баллы плотности кроны, степень сохранения геометрических контуров, стабильность облиственности по шкале баллов и общее визуальное состояние объекта. Для объективной оценки отклика растений на

длительное формирование ежегодно фиксировались морфометрические и визуальные показатели (таблица).

Таблица **– Результаты мониторинга топиарной стрижки *Acer ginnala***

Table – **Results of monitoring the topiary pruning of *Acer ginnala***

Год	Кол-во стрижек	Средний прирост, см	Плотность кроны, баллы	Контуры, баллы	Облиственность, баллы	Общая оценка
2021	1	3,8	5	4	4	5
2022	2	4,1	5	4	4	5
2023	1	3,5	4	5	5	5
2024	2	4,0	5	5	5	5
2025	1	3,7	5	5	5	5

Примечание: Балльная оценка выполнена по модифицированной шкале Еремеевой Т.В. [6] , значения от 1 до 5 (1 – крайне низкая, 5 – высокая).

В результате анализа научных трудов [7-21] и полевых наблюдений этапы формирующей стрижки растений *A. ginnala* для топиарных композиций включают: санитарную обрезку в начале сезона для удаления повреждённых ветвей, первую формирующую стрижку с целью придания сферической геометрии, летнюю корректирующую обработку для поддержания формы, осеннюю контрольную обрезку и постоянный мониторинг декоративности композиции. На основе проведенных исследований изучены основы формирования топиариев *A. ginnala* и их декоративность в условиях Иркутского района. Процесс формирования ториарных форм из *A. ginnala* включает последовательные этапы обрезки, приуроченные к основным фенологическим фазам развития растения: санитарная обрезка ранней весной в марте-апреле с удалением повреждённых и засохших побегов, основная формирующая стрижка в начале июня с равномерным укорачиванием прироста текущего года на 30–50%, корректирующая стрижка в середине августа для выравнивания контура и устранения локальных выбросов, а также визуальный контроль формы и точечная подрезка отдельных побегов в конце сентября для подготовки растений к зимнему периоду. Кратность стрижки варьировалась в зависимости от погодных условий и темпов роста: в 2021, 2023 и 2025 гг. проводилась однократная стрижка (в первой декаде июля), в 2022 и 2024 гг. - двукратная (июль и август). Такая гибкость позволила адаптировать уход под метеорологические условия каждого года, не снижая качества формы. Исследования показали, что, начиная со 2-го года формирования, растения демонстрировали устойчивое кущение и способность к быстрой регенерации после обрезки. Несмотря на снижение прироста в 2023 г. (до 3,5 см), плотность кроны и чёткость формы не ухудшились, что свидетельствует о структурной стабилизации кроны.



Рисунок 1 **– Формирование топиарных форм из *Acer ginnala* в 2023 г.**

Figure 1 – **Creation of topiary forms from *Acer ginnala* in 2023**



Рисунок 2 **– Формирование топиарных форм из *Acer ginnala* в 2025 г.**

Figure 2 – **Creation of topiary forms from *Acer ginnala* in 2025**

Начиная с 2023 г., все формы стабильно сохраняли сферическую геометрию до конца вегетационного сезона даже при однократной стрижке, что подтверждает низкую зависимость от частоты ухода на этапе зрелого формирования. Не зафиксировано признаков хронического стресса: отсутствовали хлороз, преждевременный листопад, снижение зимостойкости или задержка вегетации. Это указывает на высокую физиологическую устойчивость *A. ginnala* к повторяющимся механическим воздействиям. Декоративная устойчивость топиарных композиций оценивалась по трём ключевым параметрам: геометрическая точность (соответствие идеальной сфере), равномерность облиственности (отсутствие просветов) и сезонная выразительность (включая интенсивность осенней окраски листьев). На

2026; 5 (136): 65-74 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

протяжении всего периода наблюдений общая декоративная оценка оставалась на уровне 4.6–5.0 баллов, причём, начиная с 2023 года, все объекты получили максимальную оценку (5 баллов) по всем критериям. Особенно важно, что яркая огненно-красная осенняя окраска листвы проявлялась равномерно по всей поверхности сферы, не нарушая архитектоники формы, а, напротив, усиливая её визуальную выразительность (рис. 2).



Рисунок 3 **– Топиарные формы из *Acer ginnala* в осенний период**

Figure 3 – **Topiary forms made from *Acer ginnala* in the autumn season**

Проведённый мониторинг (2021 - 2025 гг.) посадок *A. ginnala*, культивируемых в условиях Иркутского района п. Молодёжный и подвергавшихся регулярной формирующей стрижке с целью создания топиарных композиций сферической архитектоники, позволил всесторонне оценить адаптационный потенциал вида, его реакцию на длительное формовочное воздействие и декоративную устойчивость созданных объектов. Все исследуемые экземпляры (7–8 лет) продемонстрировали высокую жизнеспособность и способность к устойчивому поддержанию заданной геометрической формы при минимальном количестве уходовых мероприятий. Средний линейный прирост побегов в течение вегетационного периода составлял 3,5–4,1 см, что обеспечивало достаточную интенсивность кущения для формирования плотной, однородной кроны. Наиболее активный прирост наблюдался в июне — в течение 10–14 суток после первой формирующей стрижки, что свидетельствует о высокой физиологической активности спящих и верхушечных почек даже после механического удаления прироста. Анализ режимов стрижки показал, что однократная обрезка в начале июля (после завершения основного роста боковых побегов) является минимально достаточной для сохранения сферической конфигурации к концу сезона. При этом в годы с двукратной стрижкой (начало июля и август) достигалась максимальная точность геометрических контуров и визуальная плотность кроны. Начиная с третьего года формирования, растения стабильно сохраняли форму без «размывания» очертаний, что указывает на формирование устойчивой архитектоники

кроны и низкую зависимость от частоты ухода. При изучении зимостойкости *A. ginnala* за весь период наблюдений не зафиксировано случаев подмерзания побегов даже в аномально холодные зимы (минимальная температура –42 °С). Полное вызревание однолетних побегов к концу августа подтверждено морфологически (равномерная коричневая окраска коры, отсутствие зелёных незрелых участков) и функционально — через стабильное распускание почек весной без признаков засыхания или задержки вегетации. Устойчивость к зимнему иссушению так же оценена, как высокая: весной 2022–2025 гг. не наблюдалось усыхания тонких ветвей или неравномерного листопада, что часто характерно для менее адаптированных видов в условиях сибирской весны. Декоративная устойчивость топиарных объектов оценивалась по модифицированной 5-балльной шкале, учитывающей плотность кроны, чёткость геометрических контуров, стабильность облиственности и общее визуальное состояние. Уже с 2023 г. все растения получили максимальную оценку (5 баллов) по всем критериям, что свидетельствует о достижении зрелой, самоподдерживающейся топиарной структуры. Особенно значимым является сохранение декоративного качества в осенний период: яркая огненно-красная окраска листвы равномерно распределялась по всей поверхности сферы, не нарушая её геометрической целостности и подчёркивая архитектурную выразительность композиции.

Заключение. Формирование топиариев из *A. ginnala* включало последовательные этапы обрезки, приуроченные к основным фенологическим фазам развития: санитарная обрезка ранней весной в марте-апреле с удалением повреждённых и засохших побегов до начала вегетационного периода, основная формирующая стрижка в начале июля в период цветения с равномерным укорачиванием прироста текущего года на 30–50%, по необходимости корректирующая стрижка в середине августа после одревеснения побегов для выравнивания контура и устранения локальных побегов, а также визуальный контроль формы и точечная подрезка отдельных побегов в конце сентября для подготовки растений к зимнему периоду. Исследуемые экземпляры культуры отличались высокой жизнеспособностью и способностью к устойчивому поддержанию заданной геометрической формы при минимальном количестве уходовых мероприятий. Средний линейный прирост побегов в течение вегетационного периода составлял 3.5–4.1 см, что обеспечивало достаточную интенсивность кущения для формирования плотной, однородной кроны. По адаптационным признакам *A. ginnala* проявил себя как высокозимостойкий интродуцент. Полученные данные позволяют рекомендовать данный вид в качестве перспективного объекта для создания долговечных малозатратных топиарных композиций в системе городского озеленения Сибири. При интродукции в условиях Иркутского района *A. ginnala* отличается высоким регенерационным потенциалом, способностью к длительному сохранению сферической формы при минимальной кратности стрижки (1–2 раза за сезон) и устойчивостью к экстремальным климатическим условиям Предбайкалья. Это позволяет рекомендовать данный вид в качестве перспективного объекта для создания долговечных топиарных композиций в системе городского озеленения Иркутского района и области.

2026; 5 (136): 65-74 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Список литературы

1. ГОСТ 28329–89. Озеленение городов. Термины и определения. Технические условия. — Введ. 1990-07-01. — М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1989. — 19 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/data2/1/4293819/4293819385.htm (дата обращения: 10.02.2026).

2. ГОСТ Р 56741-2015. Декоративные растения для озеленения. Оценка качества. — Введ. 2016-01-01. — М.: Стандартинформ, 2015. - 17 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/494703996/titles/2FUSFRC (дата обращения: 10.02.2026).

3. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И.Н. Бейдеман - Новосибирск: Наука, 1974. - 155 с.

4. Гродзинский, А.М. Морфометрия в ботанике: руководство для исследователей / А.М. Гродзинский, С.Е. Гродзинская - Киев: Наук. думка, 2007. — 248 с.

5. Дубасова, Е.И. Планировочные элементы и насаждения главного корпуса Иркутского ГАУ / Е.И. Дубасова, С.В. Половинкина // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии //Матер. XI Междунар. науч.-практ. конф.(Иркутск, 28–29 апреля 2022 года)//Молодежный: ИрГАУ, 2022. – С. 24-30. – EDN JAYTZT.

6. Еремеева, Т.В. Оценка декоративных качеств древесных растений в условиях Сибири / Т.В. Еремеева - Новосибирск: Наука, 2016. — 76 с.

7. Зацепина, О.С. Сравнительная оценка способов размножения Parthenocissus quinquefolia Planch. В условиях Заларинского района Иркутской области / О.С. Зацепина, С.В. Половинкина // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 96. – С. 7-15. – EDN RGPBHK.

8. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н.С. Беркин [и др.]. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 1993. - 300 с.

9. Кузьмина, Н.А. Морозостойкость древесных интродуцентов: методика комплексной оценки / Н.А. Кузьмина, Е.А. Филатова— СПб.: БИН РАН, 2010. — 87с.

10. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях / АН СССР. Науч. совет "Биол. основы рацион. использования, преобразования и охраны растит. мира. М.-Л.: Наука, 1966. - 103с.

11. Николаева, Н.А. Экологическая характеристика полезных растений Прибайкалья / Н.А. Николаева, И.А. Парыгин, С.В. Третьякова, Е.Г. Худоногова, Н.Ю. Черниговская // Актуальные вопросы аграрной науки. - 2016. - № 21. - С. 27-34.

12. Половинкина, С.В. Ассортимент древесно-кустарниковой растительности "СОШ п. Молодежный" / С.В. Половинкина, Е.И., Дубасова, Д.И. Догода // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии//Матер. X междунар. науч.-практ. конф. // Молодежный: ИрГАУ, 2021. - С. 34-35.

13. Тяпаева, М. А. Всхожесть семян рода Acer L. / М.А. Тяпаева, Е.Г. Худоногова // Вестник ИрГСХА. – 2019. – № 91. – С. 48-56. – EDN WAQCVL.

14. Худоногова, Е.Г. Изучение качественных признаков семян древесно-кустарниковых интродуцентов (г. Иркутск) / Е.Г. Худоногова // Изв. высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2021. – № 2(34). – С. 50-61. – DOI 10.21685/2307-9150-2021-2-5. – EDN BTKDJK.

15. Худоногова, Е.Г. Лабораторная всхожесть и хранение семян древесно-кустарниковых интродуцентов / Е.Г. Худоногова, М.А. Тяпаева // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2020. – № 2(155). – С. 71-80. – DOI 10.36305/2712-7788-2020-2-155-71-80. – EDN EIWSCV.

16. Худоногова, Е.Г. Определение качества семян хвойных интродуцентов в условиях г. Иркутска / Е. Г. Худоногова, Е. И. Дубасова // Вестник ИрГСХА. – 2021. – № 104. – С. 16-25. – DOI 10.51215/1999-3765-2021-104-16-25. – EDN FKZPDC.

17. Худоногова, Е.Г. Оценка качества интродуцентов (Euonymus sacrosanta Koidz., Tilia cordata mill.) в условиях Предбайкалья / Е.Г. Худоногова, Е.И. Гарина, С.Э. Вершинина // Вестник ИрГСХА. – 2025. – № 126. – С. 36-46. – DOI 10.51215/1999-3765-2025-126-36-46.

18. Худоногова Е.Г. Экологическая характеристика полезных растений Западного Прибайкалья / Е.Г. Худоногова // Вестник Бурятского ГУ. Биология, география. - 2018. - № 4. - С. 25-32. DOI: 10.18101/2587-7143-2018-4-26-32.

19. IBPGR Descriptors for Maples (Acer). — Rome: International Board for Plant Genetic

Resources, FAO, 1980. - 42 p.

20. The fruit of Siberian apple varieties as raw material for juice production / M.A. Rachenko, G.S. Gusakova, A. I. Nemchinova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32022. – DOI 10.1088/1755-1315/421/3/032022. – EDN JATXEF.

21. Seed germination of woody and shrubby introduced species / E. Khudonogova, O. Zatsepina, S. Polovinkina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : IV scientific-technical conference "FORESTS OF RUSSIA: POLICY, INDUSTRY, SCIENCE AND EDU-CATION", St. Petersburg, 22–24 мая 2019 года. Vol. 316. – St. Petersburg: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012021. – DOI 10.1088/1755-1315/316/1/012021. – EDN NEKVRN.

References

1. GOST 28329-89. Greening the city. Terminal and definition". Technical specifications. - Ved. 1990-07-01. – Moscow: Gosstandart of Russia: Publishing House of standards, 1989, 19 p. Access mode: https://files.stroyinf.ru/data2/1/4293819/4293819385.htm (date of reference: 02/10/2026).

2. GOST R 56741-2015. Decorative plants for landscaping. Quality assessment. - Ved. 2016-01-01. - M.: Standartinform, 2015, 17 p. Access mode: https://docs.cntd.ru/document/494703996/titles/2FUSFRC (date of request: 02/10/2026).

3. Beideman, I.N. Methodology of studying the phenology of plants and plant communities Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch, 1974,155 p.

4. Grodzinsky, A.M., Grodzinskaya, S.E. Morphometry in botany: a guide for researchers. Kiev: Nauch. dumka, 2007, 248 p.

5. Dubasova, E.E., Polovinkina, S.V. Planning elements and planting of the main building of Irkutsk State Agrarian University. Molodezhny: rkutskSAU, 2022, pp. 24-30. EDN JAYTZT.

6. Eremeeva, T.C. Assessment of the decorative qualities of woody plants in Siberia. Novosibirsk: Nauka, 2016, 76 p.

7. Zatsepina, O.S., Polovinkina, S.V. Comparative assessment of breeding methods of Parthenocissus quinquefolia Planch. In the conditions of the Zalarinsky district of the Irkutsk region.Vestnik IrGSHA, 2020, no. 96, pp. 7-15, EDN RGPBHK.

8. Irkutsk region (natural conditions of administrative districts). Irkutsk: Publishing House of IGU, 1993, 300 p.

9. Kuzmina, N.A., Filatova, E.A. Frost resistance of tree introducers: a method of comprehensive assessment. Saint Petersburg: BIN RAS, 2010, 87 p.

10. Methods of phenological observations in botanical research. Moscow- Leningrad: Nauka, 1966, 103 p.

11. Nikolaeva, N.A. et al. Ecological characteristics of useful plants of the Baikal region. Actual issues of agrarian science, 2016, no. 21, pp. 27-34.

12. Polovinkina, S.V. et al. Assortment of woody and shrubby vegetation " Secondary school of the village of Molodezhny ". Molodezhny: IrkutskSAU, 2021. pp. 34-35.

13. Tyapaeva, M.A., Khudonogova, E.G. The whole seed of the genus Acer L. Vestnik IrGSHA, 2019, no. 91, pp. 48-56. EDN WAQCVL.

14. Khudonogova, E.G. Study of qualitative characteristics of seeds of ancient shrubby introduced plants (Irkutsk). News of higher educational institutions. The Volga region. Natural Sciences, 2021, no. 2(34), pp. 50-61. DOI 10.21685/2307-9150-2021-2-5. EDN BTKDJK.

15. Khudonogova, E.G., Tyapaeva, M.A. Laboratory work on the study and storage of seeds of arboreal and shrubby introduced plants. Biology of crop production and horticulture: theory, innovations, 2020, no. 2(155), pp. 71-80. DOI 10.36305/2712-7788-2020-2-155-71-80. EDN EIWSCV.

16. Khudonogova, E.G., Dubasova, E.E. Determination of the quality of coniferous introduced seeds in the conditions of Irkutsk. Vestnik IrGSHA, 2021, no. 104, pp. 16-25. DOI 10.51215/1999-3765-2021-104-16-25. EDN FKZPDC.

17. Khudonogova, E.G. et al. Assessment of the quality of introduced plants (Euonymus

sacrosanta Koidz., Tilia cordata mill.) in the Pre-Baikal region. Vestnik IrGSHA, 2025, no. 126, pp. 36-46. DOI 10.51215/1999-3765-2025-126-36-46.

18. Khudonogova, E.G. Ecological characteristics of minerals in the Western Baikal region. Bulletin of the Buryat State University. Biology, geography, 2018, no. 4, pp. 25-32. DOI: 10.18101/2587-7143-2018-4-26-32.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.

Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:12.10.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:26.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Гарина Елизавета Ильинична – аспирант кафедры ботаники, плодоводства и ландшафтной архитектуры агрономического факультета ФГБОУ ВО "Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского". Область исследований – ботаника (биологические науки). Автор более 22 научных публикаций.
Контактная информация:ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: elizovetadubasova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2140-2194.

Половинкина Светлана Викторовна - кандидат биологических наук, доцент кафедры кафедрой ботаники, плодоводства и ландшафтной архитектуры агрономического факультета ФГБОУ ВО "Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского". Область исследований – ботаника (биологические науки). Автор более 100 научных публикаций.
Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Агрономический факультет. 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, e-mail: po1ovinka@yandex.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6063-2411.

Information about authors:

Elizaveta I. Garina– postgraduate student at the the Department of Botany, Fruit Growing and Landscape Architecture, Agronomy faculty. FSBEI HE "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky". Research area - botany (biological sciences). Author of more than 22 scientific publications.
Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: elizovetadubasova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2140-2194

Svetlana V. Polovinkina– Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of Botany, Fruit Growing and Landscape Architecture, Agronomy faculty. FSBEI HE "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky". Research area - botany (biological sciences). Author of more than 100 scientific publications.
Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. Agronomy Faculty. Pos. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: po1ovinka@yandex.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6063-2411.

Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"
2026; 5 (136): 75-84
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999-3765-2026-136-75-84

УДК 519.863:633

Научная статья

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Н. Полковская

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Иркутская область, м.р-н Иркутский, с.п. Молодежное, п. Молодежный, Россия

Аннотация. Статья посвящена обоснованию применения многоуровневых моделей для оценки изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур в крупных по объемам производства районах Иркутской области. Актуальность исследования обусловлена повышенным риском сельскохозяйственного производства в регионе: резко континентальный климат, короткий безморозный период и неравномерное распределение осадков создают значительные колебания урожайности во времени и пространстве, а ряды урожайности обладают выраженной иерархической структурой, игнорирование которой приводит к смещению оценок показателя при благоприятных, неблагоприятных и усредненных условиях. На первом этапе по данным о валовом сборе зерновых культур за 2025 год выполнена группировка муниципальных районов на крупные, средние, малые и мелкие, показавшая крайне высокую территориальную концентрацию производства: по пшенице яровой четыре района обеспечивают 60.0 % регионального сбора, по ячменю пять районов – 83.2 %, тогда как распределение овса существенно более выровнено. На втором этапе для крупных районов построены многоуровневые логистические тренды всего ряда, локальных минимумов и максимумов урожайности пшеницы, ячменя и овса за 1996-2025 гг., статистическая оценка которых подтвердила устойчивую тенденцию роста урожайности при замедляющейся динамике. Прогнозы на 2026 и 2028 гг. предложено использовать для планирования производства: оценки всего ряда (как наиболее устойчивые), нижнего и верхнего уровней (как сценарии неблагоприятных и благоприятных условий). Полученные результаты формируют основу для постановки задачи параметрического программирования размещения посевов и могут быть использованы при оптимизации специализации и концентрации сельскохозяйственного производства.
Ключевые слова: урожайность, зерновые культуры, прогнозирование, многоуровневый тренд.

Для цитирования: Полковская М.Н. Применение многоуровневых моделей для оценки изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Иркутской области. *Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА".* 2026; 5 (136): 75-84. DOI: 10.51215/1999-3765-2026-135-75-84.

2026; 5 (136): 75-84 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

APPLICATION OF MULTILEVEL MODELS TO ASSESS CROP YIELD VARIABILITY IN THE IRKUTSK REGION

Marina N. Polkovskaya

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny settlement, Molodezhnoye village, Irkutsk m.d., Irkutsk region, Russia

Abstract. This article explores the rationale for using multilevel models to assess crop yield variability in large-volume districts of the Irkutsk Region. The relevance of the study stems from the increased risk of agricultural production in the region: the sharply continental climate, short frost-free period, and uneven precipitation distribution create significant yield fluctuations over time and space. Yield series have a pronounced hierarchical structure, ignoring which leads to biased estimates of the indicator under favorable, unfavorable, and average conditions. In the first stage, using data on the gross grain harvest for 2025, municipal districts were grouped into large, medium, small, and small. This revealed an extremely high territorial concentration of production: for spring wheat, four districts account for 60.0% of the regional harvest, and for barley, five districts account for 83.2%. The distribution of oats is significantly more even. In the second stage, multi-level logistic trends for the entire series, local minimums, and maximums of wheat, barley, and oat yields for 1996–2025 were constructed for large regions. Statistical evaluation confirmed a stable trend of yield growth, albeit with decelerating dynamics. Forecasts for 2026 and 2028 are proposed for use in production planning: estimates for the entire series (as the most stable), and the lower and upper levels (as scenarios for unfavorable and favorable conditions). The obtained results form the basis for formulating a parametric programming problem for crop placement and can be used to optimize the specialization and concentration of agricultural production.
Keywords: yield, grain crops, forecasting, multi-level trend.

For citation: Polkovskaya M.N. Application of multilevel models to assess crop yield variability in the Irkutsk region. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2026; 5 (136): 75-84. DOI: 10.51215/1999 - 3765-2026-136-75-84.

Введение. Иркутская область относится к регионам с повышенным риском сельскохозяйственного производства. Резко континентальный климат, короткий безморозный период и неравномерное распределение осадков создают значительные колебания урожайности как во времени, так и в пространстве. Сельскохозяйственное производство ведется в трех агроклиматических зонах: лесостепной (52% пашни), остепненной (29%) и подтаежно-таежной (19%), которые существенно различаются по тепло- и влагообеспеченности [9]. Внутри каждой зоны муниципальные районы также демонстрируют неоднородные ряды урожайности.

Существующие исследования урожайности в регионе опираются преимущественно на корреляционно-регрессионный анализ связей с метеорологическими параметрами либо на многоуровневое моделирование [1, 6, 7, 10]. Ряды урожайности сельскохозяйственных культур в Иркутской области обладают выраженной иерархической структурой, игнорирование которой приводит к смещению оценок значений исследуемого показателя при различных условиях производства (благоприятных, неблагоприятных, усредненных) [5].

Анализ изменчивости многолетних рядов урожайности обеспечивает получение знаний, выступающих инструментом оптимизации размещения

посевов, специализации и концентрации сельскохозяйственного производства, определения оптимальных размеров предприятий в дифференцированных по зонам условиях и планирования материально-технического снабжения [5, 7].

Цель – обосновать применение многоуровневых моделей для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в крупных по объемам производства районах Иркутской области.

Материалы и методы. Группировка муниципальных районов Иркутской области по объемам производства сельскохозяйственной продукции осуществлялась по данным о валовом сборе за 2025 год. Для прогнозирования урожайности зерновых культур использовались статистические данные за 1996-2025 гг. по крупным районам, выделенным в ходе группировки. Многоуровневые тренды построены с использованием методики, описанной в статье [4], основанной на работе [3].

Результаты и обсуждение. Территория области закономерно делится на агроклиматические зоны, различающиеся суммой активных температур, продолжительностью вегетационного периода и условиями увлажнения. Юго-восточный лесостепной район (Иркутский, Усольский, Ангарский, Шелеховский, Черемховский административные районы) характеризуется суммой температур выше 10°С в пределах 1600-1900°С, продолжительностью вегетационного периода 120-130 суток и гидротермическим коэффициентом 1.4-1.6. Остепненные районы получают меньше осадков при достаточной теплообеспеченности, тогда как подтаежно-таежная зона испытывает недостаток тепла при избыточном увлажнении [8].

Внутри агроклиматических зон урожайность варьирует по муниципальным районам, а внутри районов – по хозяйствам и полям. Исследование многоуровневых трендов урожайности в муниципальных районах Иркутской области, показало, что тенденции биопродуктивности существенно различаются по районам и требуют моделей, учитывающих эту неоднородность [4].

Полевой уровень вносит вклад, связанный с устойчивыми свойствами почв. В частности, исследования ячменя в Иркутской области показали, что при высоком плодородии почвы средняя урожайность достигает 52.0-53.8 ц/га в зависимости от сорта, тогда как на менее плодородных участках она существенно ниже [2].

В ходе исследования на первом этапе по данным о валовом сборе зерновых культур по муниципальным районам Иркутской области за 2025 год осуществлена их группировка по четырем группам: крупные, средние, малые и мелкие (табл. 1). Границы групп условны и заданы отдельно для каждой культуры, доли рассчитаны от суммы по включенным районам. Внутри групп районы расположены в порядке убывания валового сбора.

Группировка по валовому сбору пшеницы яровой охватывает 23 района, суммарный объем по ним составил 3 241.4 тыс. ц. При этом четыре района (17.4 % от числа включенных) обеспечивают 60.0 % валового сбора региона, тогда как одиннадцать районов (47.8 %) – лишь 5.4 %.

Такая картина соответствует представлению о пшенице как о культуре, требующей наиболее благоприятных почвенно-климатических условий – ее размещение тяготеет к лесостепным районам с высокой долей пашни

(Куйтунский, Черемховский, Аларский, Тулунский), тогда как в подтаежных и таежных районах сборы носят подчиненный характер.

Таблица 1 – **Группировка муниципальных районов Иркутской области по валовому сбору зерновых культур за 2025 год**

Table 1 – **Grouping of municipal districts of the Irkutsk region by gross grain crop yield for 2025**

Группа	Диапазон, ц	Районы (валовой сбор, ц)	*n*	Сумма, ц	Доля, %
Пшеница яровая					
I. Крупные	≥ 300 000	Куйтунский (806 679); Черемховский (530 849); Аларский (305 142); Тулунский (301 264)	4	1 943 934	60.0
II. Средние	100 000–299 999	Боханский (256 059); Заларинский (198 098); Нижнеудинский (176 255); Братский (152 533); Усольский (135 412)	5	918 357	28.3
III. Малые	50 000–99 999	Осинский (82 418); Зиминский (65 111); Нукутский (57 639)	3	205 168	6.3
IV. Мелкие	< 50 000	Усть-Удинский (38 710); Тайшетский (30 994); Эхирит-Булагатский (26 589); Качугский (25 520); Баяндаевский (21 487); Иркутский (19 270); Чунский (3 669); Балаганский (3 516); Ангарский (2 815); Жигаловский (930); Усть-Кутский (428)	11	173 928	5.4
Итого	–	–	23	3 241 387	100
Не включены	–	Усть-Илимский (К); Киренский (К); Слюдянский (–)	3	–	–
Ячмень яровой					
I. Крупные	≥ 300 000	Черемховский (367 982)	1	367 982	22
II. Средние	100 000–299 999	Куйтунский (285 689); Усольский (219 143); Нижнеудинский (209 284); Аларский (173 397); Тулунский (132 361)	5	1 019 874	61.1
III. Малые	40 000–99 999	Заларинский (62 129); Нукутский (48 698); Боханский (42 646)	2	153 473	9.2
IV. Мелкие	< 40 000	Братский (28 922); Баяндаевский (22 093); Эхирит-Булагатский (16 595); Зиминский (14 348); Иркутский (14 285); Тайшетский (10 886); Усть-Удинский (6 911); Качугский (5 016); Чунский (2 432); Осинский (2 025); Ангарский (1 868); Слюдянский (1 450); Усть-Кутский (760)	14	127 591	7.7
Итого	–	–	22	1 668 920	100
Не включены	–	Усть-Илимский (К); Балаганский (К); Жигаловский (К); Киренский (К)	4	–	–
Овес					
I. Крупные	≥ 100 000	Аларский (171 805); Черемховский (123 667); Куйтунский (116 819); Боханский (112 536); Тулунский (109 461)	5	634 288	54.4
II. Средние	50 000–99 999	Осинский (89 137); Нижнеудинский (83 125); Усольский (63 541); Заларинский (61 945)	4	297 748	25.5
III. Малые	20 000–49 999	Баяндаевский (46 102); Эхирит-Булагатский (45 614); Тайшетский (40 371); Усть-Удинский (32 774)	4	164 861	14.1
IV. Мелкие	< 20 000	Зиминский (17 798); Братский (17 633); Балаганский (8 189); Качугский (8 142); Иркутский (7 287); Ангарский (6 445); Чунский (4 261); Жигаловский (27)	8	69 782	6
Итого	–	–	21	1 166 679	100
Не включены	–	Нукутский (К); Усть-Илимский (–); Киренский (–); Слюдянский (–); Усть-Кутский (К)	5	–	–

Примечание. "К – данные не публикуются в целях обеспечения конфиденциальности первичных статистических данных, полученных от организаций, в соответствии с Федеральным законом от 29.11.07 №282-ФЗ (ст.4, п.5; ст.9, п.1), в том числе недопущения косвенного раскрытия информации о хозяйствующих субъектах; «–» – явление отсутствует (посевы не производились).

Из 22 районов, по которым опубликованы данные о валовом сборе ячменя ярового, суммарно получено 1 668.9 тыс. ц. Ячмень демонстрирует самую высокую степень территориальной концентрации среди трех рассматриваемых культур: пять районов дают 83.2 % валового сбора региона, а четырнадцать районов – только 10.2 %.

Структура распределения качественно отличается от пшеницы. Здесь нет группы из нескольких сопоставимых лидеров, а есть один выраженный – Черемховский район (368.0 тыс. ц, 22.0 % областного объема); группа "Средние", в которую входят пять районов, совокупно дает 61.1 %. Малые и мелкие группы (110.8 и 170.2 тыс. ц соответственно) в сумме формируют лишь 16.8 % сбора.

По овсу агрегированы данные 21 района, суммарный сбор – 1 166.7 тыс. ц. Распределение существенно более выровнено, чем по двум предыдущим культурам: пять районов дают 54.4 % объема валового сбора региона. При этом "ядро" производства остается устойчивым и совпадает с таковым по пшенице: Аларский, Черемховский, Куйтунский, Боханский и Тулунский районы входят в первую группу, а лидером выступает Аларский район (171.8 тыс. ц, 14.7 %). Характерно, что в среднюю группу по овсу попадают районы, которые по пшенице относятся к мелкой (Осинский, Баяндаевский, Эхирит-Булагатский), – это отражает агротехническую роль овса как страховой и кормовой культуры в предгорных и подтаежных зонах.

Таблица 2 – **Тренды рядов урожайности пшеницы для разных уровней по данным крупных районов Иркутской области за 1996-2025 гг.**

Table 2 – **Trends in wheat yield series for different levels based on data from large districts of the Irkutsk region for 1996–2025**

Уровень	Уравнение	R^2	F-критерий	Уровень значимости	t-статистика	Прогноз	
						2026	2028
Куйтунский район							
Весь ряд	$y_t = 26.8 / 1+e^{-0.080t}$	0.65	54.6	4.8×10^{-8}	-7.4	24.8	25.1
Нижний	$y_t = 21.8/1+e^{-0.11t}$	0.62	14.4	5.2×10^{-3}	-3.8	21.1	21.2
Верхний	$y_t = 26.8 / 1+e^{-0.13t}$	0.65	16.9	3.4×10^{-3}	-4.1	26.4	26.5
Черемховский район							
Весь ряд	$y_t = 31.1 / 1+e^{-0.061t}$	0.62	48.2	1.5×10^{-7}	-6.9	28.1	28.5
Нижний	$y_t = 23.5/1+e^{-0.16t}$	0.83	28.9	3.0×10^{-3}	-5.4	23.4	23.4
Верхний	$y_t = 31.1 / 1+e^{-0.11t}$	0.53	6.7	4.9×10^{-2}	-2.6	30.1	30.3
Аларский район							
Весь ряд	$y_t = 24.9 / 1+e^{-0.084t}$	0.64	51.1	8.8×10^{-8}	-7.1	23.2	23.4
Нижний	$y_t = 20.5/1+e^{-0.12t}$	0.83	33.7	1.1×10^{-3}	-5.8	19.9	20.0
Верхний	$y_t = 24.9/1+e^{-0.14t}$	0.73	16.1	1.0×10^{-2}	-4.0	24.6	24.7
Тулунский район							
Весь ряд	$y_t = 24.5 / 1+e^{-0.068t}$	0.52	31.6	5.1×10^{-6}	-5.6	21.8	22.1
Нижний	$y_t = 18.7/1+e^{-0.15t}$	0.78	25.0	2.5×10^{-3}	-5.0	18.5	18.6
Верхний	$y_t = 24.5 / 1+e^{-0.11t}$	0.50	5.5	5.7×10^{-2}	-2.3	23.7	23.9

2026; 5 (136): 75-84 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

На втором этапе для крупных по производству зерновых культур районов построены многоуровневые тренды. При этом в качестве функции выбрана логистическая, поскольку она более точно описывает исследуемые ряды. В таблице 2 представлены характеристики трендов всего ряда, локальных минимумов и максимумов урожайности пшеницы для Куйтунского, Черемховского, Аларского и Тулунского районов, а также прогностические значения на 2026 и 2028 гг. Статистическая оценка моделей выполнена с использованием коэффициента детерминации, критерия Фишера, уровня значимости и t-статистики.

Результаты моделирования свидетельствуют о наличии устойчивой тенденции роста урожайности пшеницы во всех рассматриваемых районах при замедляющейся логистической динамике. К 2028 г. ожидается незначительный прирост показателя относительно 2026 г. (на 0.1–0.4 ц/га).

Для целей планирования производства целесообразно использовать прогнозы всего ряда как наиболее устойчивые, а оценки нижнего и верхнего уровней рассматривать в качестве сценариев неблагоприятных и благоприятных условий деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей. Наибольшим потенциалом роста и одновременно наибольшим риском характеризуется Черемховский район, тогда как Тулунский район отличается более стабильной, но низкой урожайностью.

В таблице 3 приведены характеристики многоуровневых трендов урожайности ячменя в Черемховском районе, а также прогностические значения на 2026 и 2028 гг. Наиболее надежной является модель верхнего уровня, что подтверждает устойчивость тенденции роста урожайности в благоприятных условиях.

В таблице 4 представлены характеристики трендов всего ряда, локальных минимумов и максимумов урожайности овса для Черемховского, Куйтунского, Боханского и Тулунского районов, а также прогностические значения. Следует отметить, что для Аларского района, входящего в группу крупных районов, не выявлено значимых уравнений ввиду отсутствия устойчивых тенденций в соответствующих временных рядах.

Таблица 3 – **Тренды рядов урожайности ячменя для разных уровней по данным Черемховского района Иркутской области за 1996-2025 гг.**

Table 3 – **Trends in barley yield series for different levels according to data from the Cheremkhovsky district of the Irkutsk region for 1996-2025**

Уровень	Уравнение	R^2	*F*-критерий	Уровень значимости	*t*-статистика	Прогноз	
						2026	2028
Весь ряд	$y_t = 32.5 / 1 + e^{-0.079t}$	0.67	60.2	1.9×10^{-8}	-7.8	29.9	30.3
Нижний	$y_t = 25.4 / 1 + e^{-0.13t}$	0.68	16.7	4.6×10^{-3}	-4.1	25.0	25.1
Верхний	$y_t = 32.5 / 1 + e^{-0.14t}$	0.82	32.0	1.3×10^{-3}	-5.7	31.6	31.8

Результаты моделирования свидетельствуют о наличии устойчивой тенденции роста урожайности овса в большинстве рассмотренных районов при замедляющейся логистической динамике. Для целей планирования целесообразно использовать прогнозы всего ряда как наиболее устойчивые, а оценки нижнего и верхнего уровней – как сценарии неблагоприятных и благоприятных условий. Наиболее надежные модели получены для верхнего

уровня в Боханском (R^2=0.78), Черемховском (R^2=0.75) и Тулунском (R^2=0.69) районах.

Таблица 4 – **Тренды рядов урожайности овса для разных уровней по данным крупных районов Иркутской области за 1996-2025 гг.**

Table 4 – **Trends in oat yield series for different levels based on data from large districts of the Irkutsk region for 1996–2025**

Уровень	Уравнение	R^2	*F*-критерий	Уровень значимости	*t*-статистика	Прогноз	
						2026	2028
Черемховский район							
Весь ряд	$y_t = 32.2/1+e^{-0.060t}$	0.54	34.3	2.7×10^{-6}	-5.9	27.9	28.3
Нижний	$y_t = 25.7/1+e^{-0.11t}$	0.72	17.9	5.5×10^{-3}	-4.2	24.9	25.0
Верхний	$y_t = 32.2/1+e^{-0.12t}$	0.75	21.5	3.6×10^{-3}	-4.6	31.4	31.6
Куйтунский район							
Весь ряд	$y_t = 28.6/1+e^{-0.054t}$	0.50	19.4	1.4×10^{-4}	-4.4	24.1	24.5
Нижний	$y_t = 23.0/1+e^{-0.082t}$	0.53	6.6	5.0×10^{-2}	-2.6	21.3	21.6
Верхний	$y_t = 28.6/1+e^{-0.11t}$	0.65	12.8	1.2×10^{-2}	-3.6	27.6	27.8
Боханский район							
Весь ряд	$y_t = 23.8/1+e^{-0.068t}$	0.58	39.2	9.0×10^{-7}	-6.3	21.2	21.5
Нижний	$y_t = 22.6/1+e^{-0.072t}$	0.51	10.6	1.0×10^{-2}	-3.2	20.4	20.7
Верхний	$y_t = 23.8/1+e^{-0.12t}$	0.78	35.0	2.2×10^{-4}	-5.9	23.1	23.3
Тулунский район							
Весь ряд	$y_t = 24.3/1+e^{-0.073t}$	0.65	53.6	5.7×10^{-8}	-7.3	22.0	22.3
Нижний	$y_t = 19.1/1+e^{-0.12t}$	0.76	19.5	6.9×10^{-3}	-4.4	18.6	18.7
Верхний	$y_t = 23.1/1+e^{-0.14t}$	0.69	13.6	1.4×10^{-2}	-3.7	22.8	22.9

Полученные результаты представляют интерес при решении задачи оптимизации производства растениеводческой продукции на основе задачи параметрического программирования с параметром в виде времени. При этом решением задач параметрического программирования являются оптимальные показатели для разных уровней, характеризующих благоприятные, неблагоприятные и усредненные условия.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило, что многолетние ряды урожайности сельскохозяйственных культур Иркутской области обладают выраженной иерархической структурой, обусловленной зональными различиями тепло- и влагообеспеченности, внутризональной неоднородностью муниципальных районов и устойчивыми свойствами почв на полевом уровне. Игнорирование этой структуры приводит к смещению оценок урожайности при различных условиях производства, поэтому применение многоуровневых моделей является методически обоснованным подходом к анализу изменчивости показателя. Группировка муниципальных районов по валовому сбору за 2025 год показала крайне высокую территориальную концентрацию производства зерновых культур. По пшенице яровой четыре района обеспечивают 60.0 % областного сбора, по ячменю пять районов дают 83.2 % объема, при этом распределение овса существенно более выровнено, что отражает его страховую и кормовую роль в предгорных и подтаежных зонах. Куйтунский район выступает лидером по пшенице (24.9 % валового сбора региона), Черемховский – по ячменю (22.0 %), Аларский – по овсу (14.7 %). Построенные логистические тренды всего

ряда, локальных минимумов и максимумов урожайности для крупных районов обладают приемлемым качеством (R^2 = 0.50-0.83, значимые *F*-критерии и *t*-статистики) и свидетельствуют об устойчивой тенденции роста урожайности при замедляющейся динамике. Прогнозы на 2026 и 2028 гг. показывают незначительный прирост показателя (0.1–0.4 ц/га), при этом наибольшим потенциалом роста и одновременно наибольшим риском характеризуется Черемховский район, тогда как Тулунский отличается более стабильной, но низкой урожайностью. Для целей планирования целесообразно использовать прогнозы всего ряда как наиболее устойчивые, а оценки нижнего и верхнего уровней рассматривать как сценарии неблагоприятных и благоприятных условий деятельности товаропроизводителей. Полученные результаты формируют основу для постановки задачи параметрического программирования размещения посевов с параметром в виде времени, решением которой выступают оптимальные показатели для благоприятных, неблагоприятных и усредненных условий. Тем самым многоуровневое прогнозирование урожайности обеспечивает инструментальную базу оптимизации размещения посевов, специализации и концентрации сельскохозяйственного производства, определения оптимальных размеров предприятий в дифференцированных по зонам условиях и планирования материально-технического снабжения. Дальнейшее развитие исследования целесообразно связать с расширением перечня культур и районов, а также с верификацией параметрической модели на фактических данных последующих лет.

Список литературы

1. Асалханов, П.Г. Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в задачах параметрического программирования /П.Г. Асалханов, Я.М. Иваньо, М.Н. Полковская //Вестник Иркутского ГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 2 (121). – С. 57-66.
2. Гребенщиков, В.Ю. Влияние сорта и агроэкологических условий на урожай и технологические качества ячменя в условиях Иркутской области / В. Ю. Гребенщиков, А. Ю. Ильина // Новые сорта и инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур - основа повышения эффективности сельскохозяйственного производства // Матер. международ. науч.-практ. конф. (Иркутск, 18–19 июля 2019 года)// Молодежный: ИрГАУ, 2019. – С. 114-123.
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. Моделирование производства растениеводческой продукции в Боханско-Осинском лесостепном агроландшафтном районе /Я.М. Иваньо, В.В. Цыренжапова // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 120. – С. 15-25.
5. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции. Монография /Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. - Молодежный: ИрГАУ, 2021. – 219 с.
6. Миненко, А.В. К определению разницы в эффективности производства сельскохозяйственных культур / А.В. Миненко, М.В. Селиверстов // Теория и практика современной аграрной науки// Сб. VII нац. (всеросс.) науч. конф. с международным участием (Новосибирск, 26 февраля 2024 года) //Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 1304-1307.
7. Полковская, М.Н. Планирование производства растениеводческой продукции с учетом изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур / М.Н. Полковская // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 122. – С. 49-57. – DOI 10.51215/1999-3765-2024-122-49-57.
8. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: в 2 частях – Иркутск: Мегапринт, 2019. – Ч. 1. – 319 с.

9. Шиверских, А.С. Влияние различных климатических зон и погодных условий на урожайность зерновых в Иркутской области / А.С. Шиверских, М.А. Быкова // Наука России: Цели и задачи//Сб. науч. трудов по матер. X международ. науч. конф. (Екатеринбург, 10 августа 2018 года)// Международная Объединенная Академия Наук//Екатеринбург: НИЦ "Л-Журнал", 2018. – С. 64-67. – DOI 10.18411/sr-10-08-2018-14.

10. Эффективность производства зерна в сельскохозяйственных организациях / Т.И. Гуляева, О.В. Сидоренко, С.А. Сергеева, Ю.Л. Михайлова // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 4(103). – С. 140-148. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.4.140.

References

1. Asalkhanov, P.G. et all. Models for forecasting crop yields in parametric programming problems. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2017, vol. 21, no. 2 (121), pp. 57-66.

2. Grebenshchikov, V.Yu., Il'ina A.Yu. Influence of variety and agroecological conditions on the yield and technological qualities of barley in the Irkutsk region. Novyye sorta i innovatsionnyye tekhnologii vozdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur - osnova povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2019, pp. 114-123.

3. Druzhinin, I.P. et all. Dynamics of long-term fluctuations in river flow. Moscow: Nauka, 1991, 176 p.

4. Ivan'o, Ya.M., Tsyrenzhapova, V.V. Modeling of crop production in the Bohansko-Osinsky forest-steppe agrolandscape region. Vestnik IrGSHA, 2024, no. 120, pp. 15-25.

5. Mathematical and digital technologies for optimizing food production. Molodezhnyy: Ir GAU, 2021, 219 p.

6. Minenko, A.V. Seliverstov, M.V. To determine the difference in the efficiency of agricultural crop production. Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki, Novosibirsk: ITS NGAU "Zolotoy kolos", 2024, pp. 1304-1307.

7. Polkovskaya, M.N. Planning the production of crop products taking into account the variability of agricultural crop yields. Vestnik IrGSHA, 2024, no. 122, pp. 49-57.

8. The system management of agriculture in the Irkutsk region: in 2 parts. Irkutsk: Megaprint, 2019, vol. 1, 319 p.

9. Efficiency of grain production in agricultural organizations. Vestnik agrarnoy nauki, 2023, no. 4(103), pp. 140-148. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.4.140.

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.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.

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.
The material in this article has not previously been published in the public domain.

История статьи / Article history:

Дата поступления в редакцию / Received: 02.09.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 14.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.111.2026

Сведения об авторе

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 учетов влияния различных производственных, экономических и климатических параметров; разработка математических моделей прогнозирования и планирования производственно-экономических показателей на разных уровнях производства аграрной продукции. Автор более 200 научных работ, в т.ч. 4 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

2026; 5 (136): 75-84 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Россия, 664038, Иркутская область, м.р-н Иркутский, с.п. Молодежное, п. Молодежный. e-mail: polk_mn@mail.ru, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9646-1818.

Information about the author

Marina N. Polkovskaya – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling of the Institute of Economics, Management and Applied Informatics. The field of research is 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 200 scientific papers, including 4 certificates of registration of a computer program.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. Russia, 664038, Irkutsk region, Irkutsk microdistrict, Molodezhny, e-mail: polk_mn@mail.ru; ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9646-1818.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

2026; 5 (136): 85-91
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–85–91

УДК 633.16; 579.64

Научная статья

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА “ОНЕЖСКИЙ” НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

[1]Л.В. Сухарева, [1]И.И. Рассохина, [1,2]А.В. Платонов

[1]ФГБУН Вологодский НЦ РАН, *г. Вологда, Россия*
[2]ФКОУ ВО “Вологодский институт права и экономики” ФСИН России, *г. Вологда, Россия*

Аннотация*:* В статье рассматриваются результаты применения гуминового препарата местного производителя на типичной зерновой культуре – *Hordeum vulgare* L. Цель работы – изучить влияние жидкого гуминового препарата “Онежский” на химический состав зерна ячменя в условиях Вологодской области. Полевой опыт был поставлен на поле СЗНИИМЛПХ – обособленного подразделения ФГБУН “ВолНЦ РАН” в 2025 г. Закладку опыта и уход за посевами производили по общепринятым нормам. Опыт включал в себя четыре варианта: контроль (замачивание семян в воде перед посевом); ЖГП “Онежский” путем замачивания семян и опрыскивания растений по филлосфере; ЖГП “Онежский” только замачивание семян и вариант с замачиванием семян и опрыскиванием растений широко используемым препаратом “Гумат+”. В работе проводилась оценка химического состава зерна, наличия в нем микотоксинов, массы 1000 зерновок, количества зерновок в колосе. Зерновая продуктивность ячменя составила 39.0±3.0 ц/га в контроле, в варианте с замачиванием семян в препарате “Онежский” – 48.2±2.4 ц/га, при двукратном внесении препарата – 57.1±4.2 ц/га, в варианте с внесением препарата “Гумат7+” – 43.9±2.2 ц/га. Максимальная эффективность, за счет увеличения озерненности колоса, была получена в вариантах с ЖГП “Онежский” (11.7–14.3%). При внесении гуматов отмечено повышение содержание в зерне фосфора (до 13.2%), калия (до 13.8%), меди (до 15.2%) и магния (на 32.7% в варианте с замачиванием). Содержание кальция проявило положительную динамику (18.6%) только при двойном внесении препарата. Содержание афлатоксинов, зеараленона и охратоксина-А во всех вариантах опыта минимально и не превышает установленных норм ПДК, что подтверждает безопасность полученной продукции.

Ключевые слова: гуминовые препараты, «Онежский», Hordeum vulgare L., Fucus vesiculosus L., микотоксины, питательная ценность.

Для цитирования: Сухарева Л.В., Рассохина И.И., Платонов А.В. Влияние препарата “Онежский” на химический состав зерна ячменя. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 85–91. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–85–91.

2026; 5 (136): 85-91 **Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”**
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

Research article

EFFECT OF THE "ONEZHSKY" PREPARATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF GRAIN AND BARLEY PRODUCTIVITY

[1]Lyubov V. Sukhareva, **[1]Irina I. Rassokhina, [1,2]Andrey V. Platonov**

[1] FSBIS Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences, *Vologda, Russia*
[2]FGEI HE “Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service of Russia, *Vologda, Russia*

Abstract. The article discusses the results of using a local manufacturer's humic preparation on a typical grain crop, *Hordeum vulgare* L. The purpose of this work is to study the effect of the liquid humic preparation "Onezhsky" on the chemical composition of barley grain in the Vologda region. Field trials were conducted at the NWNIIMLPH fields (a separate division of the FSBIS "VolSC RAS") in 2025. The crops were sown and maintained according to generally accepted standards. The experiment included four variants: a control (soaking seeds in water before sowing); seed treatment with liquid humic preparation "Onezhsky" by soaking seeds and spraying plants via the phyllosphere; seed treatment with liquid humic preparation "Onezhsky" only by soaking seeds; and a variant involving soaking seeds and spraying plants with the widely used preparation "Humate+." The chemical composition of the grain, the presence of mycotoxins, the mass of 1000 grains, and the number of grains per ear were evaluated. Barley productivity was 39.0 ± 3.0 c/ha in the control; 48.2 ± 2.4 c/ha in the variant with seeds soaked in "Onezhsky" preparation; 57.1 ± 4.2 c/ha with a double application of the drug; and 43.9 ± 2.2 c/ha in the variant with the addition of the preparation "Humate+." Maximum efficiency, due to an increase in ear water content, was obtained in variants using the liquid humic preparation (11.7–14.3%). When applying humates, an increase in phosphorus content in the grain (up to 13.2%), potassium (up to 13.8%), copper (up to 15.2%), and magnesium (by 32.7% in the soaked version) was noted. The calcium content showed a positive trend (18.6%) only with double application of the preparation. The levels of aflatoxins, zearalenone, and ochratoxin-A in all experimental variants were minimal and did not exceed established MAC standards, confirming the safety of the products obtained.
Keywords: humic preparations, "Onezhsky", *Hordeum vulgare* L., *Fucus vesiculosus* L., mycotoxins, nutritional value.

For citation: Sukhareva L.V., Rassokhina I.I., Platonov A.V. Effect of the "Onezhsky" preparation on the chemical composition of grain and barley productivity. *Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA*”. 2026;5 (136): 85–91. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–85–91.

Введение. Яровой ячмень позиционируется как скороспелая и стрессоустойчивая культура, демонстрирующая высокую толерантность к дефициту влаги и засолению почвенного субстрата. Биологические особенности растения позволяют формировать стабильно высокие показатели урожайности зерна. В Вологодской области ячмень входит в число основных зернофуражных культур. Сорт ярового ячменя Сонет допущен к возделыванию в Северно-Западном регионе, по данным оригинатора является среднепоздним, с средним содержанием белка от 12% до 16%, включен в список ценных по качеству сортов [1]. Данный сорт является одним из наиболее адаптивных к климатическим условиям области и широко используется в севооборотах местных сельскохозяйственных предприятий [3]. Вследствие специфических агроклиматических параметров Вологодская область классифицируется как зона рискованного земледелия. Лимитирующие природные факторы обуславливают более низкую продуктивность зернового клина по сравнению с общероссийскими показателями. В данной связи интенсификация производства зерна для

формирования устойчивой кормовой базы молочного животноводства представляет собой приоритетную научно-практическую задачу региона.

Биологизированные агротехнологии рассматриваются как ключевой инструмент обеспечения устойчивого развития растениеводства и получения экологически чистой продукции [6]. Для северных регионов, включая Вологодскую область, перспективным направлением является использование бактериальных препаратов [6, 7]. При этом степень реализации потенциала биопрепаратов коррелирует с концентрацией доступных форм макро- и микроэлементов в субстрате [4].

Одним из перспективных методов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является применение гуминовых препаратов (гуматов). Препараты на основе гуминовых веществ играют важную роль в улучшении структуры почвенных агрегатов, поддержании плодородия и детоксикации окружающей среды [8]. Гуминовые вещества являются наиболее важным компонентом природного органического вещества в наземных и водных средах, составляя приблизительно 60–70% от общего органического углерода в почве и 40–60% от растворенного органического углерода в воде, играя роль природного пула углерода [9]

Цель – изучить влияние жидкого гуминового препарата "Онежский" на химический состав (питательность, содержание макро-и микроэлементов, а также наличие микотоксинов) зерна ячменя в условиях Вологодской области.

Материал и методы. Малый полевой опыт с культурой *Hordeum vulgare* L. сорта "Сонет" был поставлен в 2025 году на опытном поле, расположенном в окрестностях деревни Дитятьево (Вологодская область). Посев кормовой культуры осуществлялся с помощью ручной сеялки СОМ-6Р, площадь учетной делянки – 8 м^2. Агрохимические условия почвы составили: кислотность солевой вытяжки 5.7±0.1 ед. pH, массовая доля органического вещества 2,5±0,5%, массовая доля подвижных соединений калия (K_2O) 332.0±49.8 мг/кг, массовая доля подвижных соединений фосфора (P_2O_5) 222.0±44.4 мг/кг, массовая доля нитратного азота 3.7±1.1 мг/кг и обменного аммония 10.8±1.1 мг/кг.

Вегетационный период 2025 года характеризовался теплым и относительно сухим июлем, а также избыточно увлажненным августом. Данные условия могли оказать существенное влияние на формирование структуры урожая. В течение анализируемого периода наблюдается динамика нарастания тепла с пиком в середине лета: минимальное значение среднесуточной температуры зафиксировано в мае (11.2 °C), что характерно для начала вегетации в умеренном климате, а максимальный прогрев – в июле (19.1°C). В августе наблюдалось постепенное снижение температуры до 15.5°C. Распределение осадков носило неравномерный характер: наиболее засушливым месяцем оказался июль, на который пришлось всего 44 мм осадков. Это критично, так как дефицит влаги совпал с периодом максимальных температур (19.1 °C), что могло создать стрессовые условия для растений. Максимум осадков зафиксирован в августе (85 мм), что почти в два раза превышает показатели июля. Такой объем влаги в конце вегетации может способствовать наливу зерна, но также несет риски затягивания сроков созревания или полегания посевов. В таблице 1 представлены метеорологические условия вегетационного периода 2025 года.

Жидкий гуминовый препарат "Онежский" (ЖГП "Онежский") производится на основе обработки универсального вермикомпоста и бурой водоросли фукус пузырчатый (*Fucus vesiculosus* L.*)* из Беломорья (ТУ 01.61.10-001-52027899-2024). Добавление бурой водоросли, в которой содержатся макро-, мезо- и микроэлементы, свободные аминокислоты и полисахариды, обогащает получаемый препарат биологически активными

2026; 5 (136): 85-91 **Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”**
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

веществами. Для сравнения оценки влияния испытуемого препарата взят апробированный препарат “Гумат7+”.

Таблица 1 – **Температурные условия в период вегетации 2025 г., °С**
Table 1 – **Temperature conditions during the growing season in 2025, °С**

Месяц	Май с 16.05	Июнь	Июль	Август
Сумма температур, °С	264,1	428,4	592,4	479,3
Среднедневная температура, °С	11,2	14,3	19,1	15,5
Сумма осадков, мм	60	69	44	85

Источник: составлено авторами по данным сайта Погода и климат [5].

Опыт включал следующие варианты: контроль (замачивание семян в воде перед посевом); внесение ЖГП “Онежский” путем замачивания семян; двукратное внесение ЖГП “Онежский” путем замачивания семян и опрыскивания растений по филлосфере; внесение препарата “Гумат 7+” (замачивание и опрыскивание в период вегетации).

В конце вегетации оценивали зерновую продуктивность опытных и контрольных вариантов, для этого биомассу изымали сноповым методом, досушивали в одинаковых условиях и проводили оценку структуры урожая (количество растений с м^2, масса 1000 зерновок, количество зерновок в колосе) [4]. Исследование зерна на содержание микотоксинов проводилось с помощью метода ИФА с использованием тест-систем Мультискрин, Компродсервис (Республика Беларусь) ГОСТ 31653-2012 на анализаторе АИФ-01 УНИПЛАН (Пикон, Россия). Анализ питательной ценности зерна проводился по ГОСТ Р 56912-2016 и ГОСТ 32040-2012 с использованием ИК-анализатора SpectraStar 2200 (Unity Scientific, США). Статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel, 2019.

Результаты и обсуждение. Содержание сухого вещества, обменной энергии в зерне примерно одинаково во всех вариантах. Уровень содержания клетчатки незначительно колеблется и остается в пределах нижней границы показателя. Вариант с биопрепаратом внесенным путем замачивания отмечается относительно низким содержанием обменной энергии, при этом отмечается повышенная зольность зерна. (табл.2).

Таблица 2 – **Питательная ценность зерна ячменя**
Table 2 – **Nutritional value of barley grain**

Показатель	Контроль	“Онежский” замачивание семян + опрыскивание	“Онежский” замачивание семян	Препарат “Гумат 7+”	$НСР_{05}$
Обменная энергия, МДж/кг	12.38	12.26	11.88	12.06	0.3
Кормовые единицы, кг	1.25	1.24	1.21	1.22	0.03
Переваримый протеин, г/кг	87.80	90.60	83.37	92.47	7.5
Сухое вещество, г/кг	905.30	914.60	886.80	896.30	20.3
Зола, %	2.39	2.59	2.92	2.86	0.4
Клетчатка, %	5.05	5.78	5.61	6.01	2.2
Крахмал, %	50.07	49.53	48.54	48.46	1.2

В таблице 3 показано содержание в зерне макро- и микроэлементов. Следует отметить, что внесение гуматов в целом повышало содержание P, K, Mg и Cu.

Таблица 3 – **Содержание макро- и микроэлементов в 1 кг зерна ячменя**
Table 3 – **The content of macro- and microelements in 1 kg of barley grain**

Элемент	Контроль	"Онежский" замачивание семян + опрыскивание	"Онежский" замачивание семян	Препарат "Гумат 7+"
Ca, % АСВ*	0.86±0.09	1.02±0.11	0.64±0.08	0.85±0.08
P, % АСВ	0.38±0.00	0.38±0.01	0.43±0.00	0.42±0.02
K, % АСВ	0.94±0.01	1.04±0.00	1.07±0.03	1.06±0.02
Na, % АСВ	0.02±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.01±0.01
Mg, % АСВ	0.49±0.04	0.51±0.03	0.65±0.03	0.59±0.03
Cu, мг/100 г АСВ	0.33±0.01	0.35±0.01	0.38±0.01	0.38±0.02
Zn, мг/100 г АСВ	2.49±0.04	2.18±0.04	2.31±0.04	2.22±0.05

* АСВ – абсолютно сухое вещество

Полученные значения содержания кальция входят в нормальный диапазон. Содержание фосфора, преобладает в вариантах с замачиванием семян (+13.2% к контролю) и в варианте с препаратом "Гумат 7+" (+10.5%). Уровень калия во всех опытных вариантах выше контроля на 10.6–13.8%. Содержание магния довольно существенно повысилось в варианте с замачиванием семян (+32.7%). Количественное содержание меди слегка повышается (на 6.1%) в варианте с двухкратным внесением ЖГП "Онежский" и более существенно (на 15.2%) в двух оставшихся вариантах. Содержание цинка в зерне ячменя под влиянием гуматов имеет тенденцию к некоторому снижению.

В эксперименте в зерне так же определяли наличие распространенных микотоксинов (табл. 4). Данные показывают, что разница между вариантами была минимальной. Превышение ПДК по содержанию микотоксинов в зерне не обнаружено.

Таблица 4 – **Содержание микотоксинов, мкг/кг**
Table 4 – **Mycotoxin content, mcg/kg**

Токсин	Контроль	"Онежский" замачивание + опрыскивание	"Онежский" замачивание семян	Препарат "Гумат 7+"	ПДК*
Сумма афлатоксинов (B1, B2, G1, G2)	2.0±0.1	2.0±0.2	3.0±0.2	не обнаружено	5.0
Зеараленон	50.0±2.8	51.0±5.2	66.0±4.8	47.0±2.1	100.0
Охратоксин-А	2.0±0.2	2.0±0.1	2.0±0.3	2.0±0.3	5.0

* *Ветеринарно-санитарные требования Таможенного союза (утверждены решением Комиссии Таможенного союза ЕвроАзЭС от 18.06.2010 № 317).*

Зерновая продуктивность ячменя составила 39.0±3.0 ц/га в контроле, в варианте замачивания семян в растворе ЖГП "Онежский" – 48.2±2.4 ц/га, в варианте с двукратным внесением ЖГП "Онежский" – 57.1±4.2 ц/га. При этом масса зерна в варианте с внесением препарата "Гумат7+" составила 43.9±2.2 ц/га. Повышение продуктивности в опытных вариантах произошло за счет увеличения количества зерновок в колосе. Так, в контрольном варианте средняя озерненность колоса составила 22.4 зерновки, при внесении ЖГП "Онежский" этот показатель составлял 25.0–25.6 зерновок в колосе. При внесении препарата "Гумат 7+" средняя озерненность колоса была максимальной – 26.8 зерновок. В отличие от количества зерновок, показатель массы зерновки проявил высокую стабильность и по нему варианты между собой не отличались. Также повышение зерновой

продуктивности в вариантах с внесением препарата "Онежский" произошло за счет увеличения количества продуктивных стеблей, данный показатель на 10–19% выше по сравнению с контролем.

Сбор обменной энергии с гектара посева в зерне ячменя составил – 48282 МДж в контрольном варианте, 70004 МДж в варианте с двойным внесением ЖГП "Онежский", 57262 МДЖ при замачивании семян в препарате и 52943 МДж при использовании препарата "Гумат 7+".

Заключение. Использование гуматов выступает адаптационным механизмом, нивелирующим стресс от дефицита влаги в июле и избытка в августе, что способствует увеличению количества зерен в колосе, возрастанию количества продуктивных стеблей и, как следствие, зерновой продуктивности ячменя. Внесение ЖГП "Онежский" также способствовало накоплению макро- и микроэлементов в зерне. Применение гуматов не приводило к повышению содержания афлатоксинов, зеараленона и охратоксина-А в зерне.

Список литературы

1. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/sonet-yachmen-yarovoy/ (дата обращения: 05.0.2025)

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Каримова, Л. З. Особенности формирования урожая ярового ячменя и развития гельминтоспориозов на различных сортах ярового ячменя / Л. З. Каримова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7, № 1(23). – С. 129-132. – EDN OWOPOP.

4. Куликов, Я.К. Экологические функции растительно-микробных симбиозов и их роль в развитии ресурсосберегающих биотехнологий / Я.К. Куликов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2022. – Т. 67. – № 2. – С. 243–256. – https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-243-256

5. Погода и климат https HYPERLINK "https://www.pogodaiklimat.ru/" HYPERLINK "https://www.pogodaiklimat.ru/" (дата обращения: 07.2.2026)

6. Рябцева, Н. А. Биопрепараты по вегетации ячменя / Н. А. Рябцева // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2021. – №2(54). – https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-2-40-45

7. Beauregard, P.B., Chai, Y., Vlamakis, H. et al. (2013) Kolter.Bacillus subtilis biofilm induction by plant polysaccharides. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 110 (17), 1621-1630, https://doi.org/10.1073/pnas.1218984110. – PMID: 23569226 – PMCID: PMC3637697

8. Ono, K., Hiradate, S., Morita, S. et al. (2011) Humification processes of needle litters on forest floors in Japanese cedar (Cryptomeria japonica) and Hinoki cypress (Chamaecyparis obtusa) plantations in Japan. Plant Soil. 338, 171–181, https://doi.org/10.1007/s11104-010-0397-z

9. Chuan,-M.X., Tian, L., Yuan, D.M., Bo, Y., Qing,-L.W., Hua, Z.W., Juan,-S.D., Wan, Q.G. (2025) The multitasking of humic substances: Challenges and opportunities in sustainable water management. Chemical Engineering Journal. V. 22. ISSN 1385-8947. – https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.167502.

10. Klimenko, N. Study of Breeding Lines of Soft Spring Wheat in a Competitive Variety Trial in Irkutsk Region / N. Klimenko, I. Abramova, E. Kuznetsova // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems, Volume 1, Volozhenin, 21–22 июня 2021 года. Vol. 353. – Ussuriysk: Springer, 2022. – P. 339-346. – DOI 10.1007/978-3-030-91402-8_39. – EDN OUWUAN.

References

1. The State Register of varieties and hybrids of agricultural plants approved for use https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/sonet-yachmen-yarovoy / (date of request: 05/02/2025)

2. Dospekhov, B.A. Methodology of field experience / B.A. Dospekhov, Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.

3. Karimova, L. Z. Features of the formation of the spring barley crop and the development of helminthosporiosis on various varieties of spring barley / L. Z. Karimova //

Bulletin of Kazan State Agrarian University. – 2012. – Vol. 7, No. 1(23). – pp. 129-132. – EDN OWOPOP.

4. Kulikov, Ya.K. Ecological functions of plant-microbial symbioses and their role in the development of resource-saving biotechnologies / Ya. K. Kulikov // Ves. National Academy of Sciences. navuk Belarussi. Ser. biyal. navuk. – 2022. – Vol. 67. – No. 2. – pp. 243-256. – https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-243-256

5. Weather and climate https HYPERLINK "https://www.pogodaiklimat.ru /" HYPERLINK "https://www.pogodaiklimat.ru /" (accessed: 07.2.2026)

6. Ryabtseva, N. A. Biological products for the vegetation of barley / N. A. Ryabtseva // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2021. – №2(54). – https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-2-40-45

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.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
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. **The material in this article has not previously been published in the public domain.**
История статьи/ Article history: Дата поступления в редакцию/ Received: 12.06.2026
Поступила после рецензирования и доработки/ Revised: 04.09.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторе(ах)

Платонов Андрей Викторович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкономики и устойчивого развития ФГБУН ВолНЦ РАН и доцент ФКОУ ВО "Вологодский институт права и экономики" ФСИН России.
Контактная информация: ФГБУН ВолНЦ РАН, 160002, Россия, г. Вологда, ул. Горького 56 а, Россия; ФКОУ ВО "Вологодский институт права и экономики" ФСИН России, 160002, Россия, г. Вологда, ул. Щетинина, 2, e-mail: platonov70@yandex.ru, ORCID ID: https:orcid.org/ 0000-0002-1110-7116.

Рассохина Ирина Игоревна – научный сотрудник лаборатории биоэкономики и устойчивого развития ФГБУН ВолНЦ РАН.
Контактная информация: ФГБУН ВолНЦ РАН, 160002, Россия, г. Вологда, ул. Горького 56 а, Россия, e-mail: rasskhinairina@mail.ru; ORCID ID: https:orcid.org/ 0000-0002-6129-6912.

Сухарева Любовь Владимировна – научный сотрудник лаборатории биоэкономики и устойчивого развития ФГБУН ВолНЦ РАН.
Контактная информация: ФГБУН ВолНЦ РАН, 160002, Россия, г. Вологда, ул. Горького 56 а, Россия, e-mail: lyubov.suxareva@yandex.ru, ORCID ID: https:orcid.org/ 0000-0002-1069-0856.

Information about authors

Andrey V. Platonov– Candidate of Biological sciences, leading researcher at the Laboratory of Bioeconomics and Sustainable Development. FSBIS VolSC RAS and associate professor at federal state educational institution of higher education "Vologda Institute of Law and Economics" of the Federal Penitentiary Service of Russia.
Contact information: FSBIS VolSC RAS, 56 a Gorky str., Vologda, Russian Federation; federal state educational institution of higher education "Vologda Institute of Law and Economics" of the Federal Penitentiary Service of Russia, 2, Shchetinin str., Vologda, Russia,160002, e-mail: platonov70@yandex.ru.; ORCID ID: https:orcid.org/ 0000-0002-1110-7116.

Rassokhina Irina Igorevna – researcher at the Laboratory of Bioeconomics and Sustainable Development. FSBIS VolSC RAS
Contact information: FSBIS VolSC RAS, 56a Gorky str., Vologda, Russia,160002, e-mail: rasskhinairina@mail.ru; ORCID ID: https:orcid.org/ 0000-0002-6129-6912

Sukhareva Lyubov Vladimirovna - researcher at the Laboratory of Bioeconomics and Sustainable Development. FSBIS VolSC RAS
Contact information: FSBIS VolSC RAS, 56a Gorky str., Vologda, Russia, 160002, e-mail: lyubov.suxareva@yandex.ru, ORCID ID: https:orcid.org/ 0000-0002-1069-0856

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”

2026; 5 (136): 92-105
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–92–105

УДК 630*165.6:630*232.12:630*18

Научная статья

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ *PSEUDOTSUGA MENZIESII* (Mirb.) Franco В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

[1]Н.П. Адонина, [2]О.В. Комарова, [2]А.Н. Одинцов

[1]ФГБОУ ВО “СПбГЛТУ им. С.М. Кирова”, *Санкт-Петербург, Россия*
[2]ФГБУ “ВНИИЛГИСбиотех”, *г. Воронеж, Россия*

Аннотация. В статье представлены результаты обследования *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова. Обследовано 100 деревьев (19 образцов - биогруппы и одиночные деревья). Преобладает экоморфа с зеленой окраской хвои (89%), с голубой — (11%). Происхождение семян установлено для 67% экземпляров. Объекты распределены по территории сада: 38 деревьев в парке, 2 — в Верхнем дендросаду, 5 — в Западном дендросаду, 11 — на интродукционном питомнике. Наиболее ценными являются старовозрастные экземпляры посева 1884 г. (12 шт.) и посева 1914 г. (1 шт.), а также деревья из естественного ареала (США, 1962 г., 11 шт.), все они находятся в генеративной фазе. Исследуемые образцы разделены на три возрастные группы: молодняки (до 40 лет, 47 экз.), средневозрастные (41–80 лет, 38 экз.) и старовозрастные (старше 80 лет, 15 экз.). У молодых деревьев зафиксирован быстрый рост (годовой прирост объёма ствола 0,001–0,002 м³/год), у средневозрастных — наиболее интенсивный рост (прирост объёма 0,009–0,012 м³/год), у старовозрастных — резкое замедление (прирост объёма <0,009 м³/год). Средняя категория санитарного состояния исследованных образцов — 1,2. Ослабление (КС=2) отмечено единично, связано с механическими повреждениями и конкуренцией в групповых посадках. Динамика роста деревьев ограничена коротким вегетационным периодом, бедными супесчаными почвами. Возраст технической спелости приходится на 60–80 лет. Успешная адаптация растений подтверждает перспективность *P. menziesii* для лесоводства и озеленения Северо-Запада России.
Ключевые слова: *Pseudotsuga menziesii*, псевдотсуга Мензиса, интродукция, динамика роста, адаптация, Ботанический сад СПбГЛТУ, морозостойкость.

Для цитирования: Адонина Н.П., Комарова О.В., Одинцов А.Н. Опыт интродукции *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета. *Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”.* 2026;5 (136): 92–105. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–92–105.

2026; 5 (136): 92-105 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

PSEUDOTSUGA MENZIESII (Mirb.) Franco IN THE COLLECTION OF THE BOTANICAL GARDEN OF SAINT-PETERSBURG STATE FOREST TECHNICAL UNIVERSITY

[1]Nina P. Adonina, [2]Olga V. Komarova, [2]Anatoly N. Odintsov

[1] FSBEI HE "Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov", *St. Petersburg, Russia*
[2] FSBI "All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology", *Voronezh, Russia*

Abstract. The article presents the results of a survey of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in the Botanical Garden of St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov. One hundred trees were examined (19 samples: biogroups and single trees). An ecomorph with green needle color prevails (89%), while blue is less common (11%). The origin of the seeds has been established for 67% of the specimens. The objects are distributed throughout the garden: 38 trees in the park, 2 in the Upper Arboretum, 5 in the Western Arboretum, and 11 in the introduced nursery. The most valuable are the old-age specimens from the 1884 crop (12 pcs.) and sowing in 1914 (1 piece), as well as trees from the natural range (USA, 1962, 11 pieces); all of them are in the generative phase. The studied samples were divided into three age groups: young (under 40 years old, 47 specimens), middle-aged (41–80 years old, 38 specimens), and old-aged (over 80 years old, 15 specimens). Young trees recorded rapid growth (annual increase in trunk volume of 0.001–0.002 m³/year); middle-aged trees showed the most intensive growth (volume increase of 0.009–0.012 m³/year); and old-aged trees exhibited a sharp slowdown (volume increase <0.009 m³/year). The average sanitary condition category of the studied samples is 1.2. Weakening (CS=2) was noted only once, due to mechanical damage and competition in group plantings. The dynamics of tree growth are limited by the short growing season and poor sandy loam soils. Technical maturity occurs at ages of 60–80 years. Successful adaptation of these plants confirms the prospects of *P. menziesii* for forestry and landscaping in Northwestern Russia.
Keywords: *Pseudotsuga menziesii*, Menzies pseudotsuga, introduction, growth dynamics, adaptation, St. Petersburg State University Botanical Garden, frost resistance.

For citation: Adonina N. P., Komarova O. V., Odintsov A. N. *Pseudotsuga menziesii* (mirb.) franco in the collection of the botanical garden of Saint-Petersburg state forest technical university. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA".* 2026;5 (136): 92–105. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–92–105.

Введение. Ботанический сад Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова (далее — БС) — один из первых ботанических садов России, основанный в 1827 г. по указу Николая I. В 2027 г. он отметит свой 200-летний юбилей. Сегодня сад является объектом культурного наследия и особо охраняемой природной территорией федерального значения, старейшей научно-учебной базой страны. Здесь собрана крупнейшая на Северо-Западе коллекция древесных растений (более 1600 видов, разновидностей и культиваров) [2]. В числе её старейших интродуцентов представлена североамериканская *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco**,** успешно прошедшая долгосрочные испытания в условиях региона.

Род *Pseudotsuga* Carrière (Pinaceae Spreng. ex F.Rudolphi) в настоящее время включает 4 вида и более 80 культиваров. *P. menziesii* (Mirb.) Franco представлена двумя разновидностями [6,13]:

- *P. menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco — естественный ареал охватывает территорию от Скалистых гор до Центральной Мексики. Отличается сизым или голубовато-стальным оттенком хвои, образованным плотным восковым налётом, защищающим ткани от интенсивной солнечной инсоляции. Отличается высокой морозостойкостью, успешно переносит экстремальные холода до −34…−40 °C (USDA 4, частично заходит в зону 3). Порода светолюбива, требует хорошего освещения для сохранения интенсивности окраски.

- *P. menziesii* var. *menziesii* — естественный ареал простирается от юго-востока Аляски до западной части США. Является более теплолюбивой, выдерживающей понижения температуры до −18…−23 °C (соответствует зоне зимостойкости USDA 6, отдельные экотипы — до зоны 5) [6,7,13].

Первые экземпляры *Pseudotsuga* появились в Санкт-Петербурге в конце XIX в. В 1881 г**.** посадочный материал был получен Императорским ботаническим садом (ныне — Ботанический сад Петра Великого БИН РАН) из Помологического сада (частного питомника) Э.Л. Регеля и Я.К. Кессельринга [4]. Примерно в этот же период растения поступили в Санкт-Петербургский лесной институт. Наиболее старовозрастные экземпляры, сохранившиеся в саду, датируются 1884 годом.

В коллекции Э.Л. Вольфа, главного садовника института в 1886–1931 гг., были представлены обе разновидности и два сорта:

- *P. menziesii* 'Pendula' (syn. *P. douglasii* var. *pendula* Engelm.) — плакучая мутация, обнаруженная на склонах вулкана Шаста (Каскадные горы, Северная Калифорния, США) американским ботаником Георгом Энгельманном (*George Engelmann*); стала родоначальником всей одноимённой садовой группы [14].

- *P. menziesii* 'Stairii' (syn. *Ps. douglasii* var. *stairii* Beissn.) — пестролистная форма, обнаруженная до 1871 г. как спонтанная соматическая мутация (спорт) в садах Кэстл Кеннеди (*Castle Kennedy*) — шотландском имении графа Стайра (*Earl of Stair*), в честь которого и получила название [6]. В последующие десятилетия коллекция пополнялась из естественного ареала и европейских дендрариев, а также семенами собственной репродукции. За более чем столетний период испытания *P. menziesii* комплексных исследований ее роста и развития не проводилось. Между тем этот вид представляет значительный интерес как быстрорастущая, долговечная и декоративная порода, обладающая высокой экологической пластичностью и потенциально перспективная для создания лесных культур и озеленения различных регионов нашей страны [5,10,17,18]. Однако успешность её интродукции в условиях Северо-Запада России может быть ограничена коротким вегетационным периодом и эдафическими факторами.

Цель — оценить успешность адаптации *P. menziesii* в ботаническом саду СПбГЛТУ на основе полевых исследований, оценить динамику роста деревьев и определить перспективы использования вида в условиях Северо-Запада России.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили деревья *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco − Псевдотсуга Мензиса, произрастающие в коллекции ботанического сада Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова.

Согласно классическому климатическому районированию, Санкт-

Петербург и Ленинградская область относятся к зоне зимостойкости USDA 4 (абсолютные минимумы от −28.9 до −34.4 °C); в XX веке в Санкт-Петербурге неоднократно фиксировались экстремальные морозы до −35 °C и ниже. Однако в последние десятилетия в связи с глобальным изменением климата и формированием городского "острова тепла" фактические параметры мегаполиса в аномально тёплые зимы соответствуют подзоне 6b (от −20.6 до −17.8°C), а в суровые годы смещаются в подзону 5a (от −28.9 до −26.1°C).

В настоящее время район исследований характеризуется умеренным климатом, переходным от морского к континентальному (атлантико-континентальным)**,** и соотносится с зоной USDA 5a**.** Среднегодовая температура воздуха +5.8°C, средняя температура января –6.1°C, июля +18.8°C. Годовая сумма осадков — 662 мм, с максимумом в июле–августе (80–90 мм/мес.). Сумма активных температур (>10°C) — 2000–2200°C, безморозный период — 120–140 дней (май–сентябрь), вегетационный период (температуры >5°C) — 160–170 дней.

Условия Санкт-Петербурга остаются менее благоприятными для *P. menziesii*, чем в её родном ареале на западе Северной Америки (Орегон, Вашингтон), где среднегодовая температура составляет +8–12°C, сумма активных температур >2500–3000°C, вегетационный период >200 дней и значительно большее количество осадков [7,8].

Натурные обследования проведены в сентябре 2025 г. методом сплошного перечета. Измерялись морфометрические показатели: высота, диаметр, характеристики кроны и др. Категория санитарного состояния (КС) деревьев определялась визуально по шкале, приведённой в "Правилах санитарной безопасности в лесах Российской Федерации" [1]. Средняя категория санитарного состояния рассчитывалась как взвешенное среднее по количеству деревьев на объекте. Координаты объектов определены с помощью спутниковой навигации и нанесены на карту ботанического сада.

Таксономический объём рода, номенклатура и валидность исследуемых таксонов приняты по международной базе данных *Plants of the World Online,* 2026 [13]. Оценка морозостойкости растений в условиях Северо-Запада России приведена по методике Э.Л. Вольфа [3] и шкале зон зимостойкости USDA [7]. Анализ естественного ареала разновидностей выполнен с использованием картографических материалов POWO, 2026 [13]. Почвы под исследуемыми деревьями в БС относятся к мульгумусным, скрытоподзолистым, иллювиальным, супесчаным.

Результаты и обсуждение. На начальном этапе интродукции *P. menziesii* (syn. *P. douglasii* Carrière) на рубеже XIX–XX вв. в Лесном институте Э.Л. Вольф изучал её морозостойкость. Он отнёс "горную" разновидность *P. menziesii* var. *glauca* к I–II группам морозостойкости и отметил наличие в коллекции её зеленоватой, серой, сизой и беловатой форм. "Прибрежную" *P. menziesii* var. *menziesii* и сорта 'Pendula' и 'Stairii' он отнес к менее устойчивым III–IV группам [3]. К настоящему времени данные исторические культивары утрачены. Для дальнейшего формирования и обогащения научно-учебной коллекции необходимо её пополнение как историческими сортами, так и достижениями современной селекции, включая устойчивые карликовые, пестролистные и плакучие формы *P.*

menziesii var. *glauca*.

В 1961 г. П.А. Акимов отнёс *P. menziesii* к I группе морозостойкости, отметив самый крупный экземпляр посева 1905 года. В возрасте 56 лет высота дерева достигла 19.5 м, высота кроны - 12,0 м, ширина кроны – 3.6 м; диаметр ствола - 32 см. Н.М. Андронов в 1962 г. рекомендовал широко внедрять *P. menziesii* в озеленительные посадки и закладывать опытные участки в лесу, для чего в 60-е годы провел большие посевы в питомнике, в т. ч. из естественных мест произрастания.

К этому периоду относится создание в ботаническом саду ЛТА посадок *P. menziesii* биогруппами (куртинами), что связано с решением комплекса экологических, лесоводственных и ландшафтных задач. В специфических условиях Северо-Запада России групповое размещение существенно повышает ветроустойчивость деревьев, создаёт благоприятный внутренний микроклимат, защищающий интродуценты от зимней иссушающей радиации и ветров. Кроме того, посадка куртинами обеспечивает имитацию естественной фитосреды, что позволяет объективно оценивать ценотические взаимоотношения растений (конкуренцию, дифференциацию, очищаемость стволов от сучьев) и определять лесоводственную перспективность вида для создания устойчивых культур и декоративных куртин.

В настоящее время в коллекции БС представлено 19 образцов и 100 экземпляров *P. menziesii* (биогруппы и одиночные деревья), которые в данном исследовании объединены в 19 инвентарных объектов. Насаждения представлены двумя разновидностями — *P. menziesii* var. *menziesii* и *P. menziesii* var. *glauca*. Схема расположения объектов представлена на рисунке 1. Однако архивные сведения об источниках получения материала не всегда позволяют точно идентифицировать разновидности в соответствии с современной номенклатурой. Поскольку на окраску хвои существенное влияние оказывают локальные экологические факторы, надежно дифференцировать географические разновидности (var. *menziesii* и var. *glauca*), основываясь исключительно на данном морфологическом признаке, не представляется возможным. В связи с этим в условиях коллекции целесообразнее выделять экоморфы с зелёной и голубой (сизой) окраской хвои.

Распределение деревьев по участкам сада следующее: в парке СПбГЛТУ произрастает 38 деревьев, в Верхнем дендросаду — 2, в Западном дендросаду — 5, в интродукционном питомнике — 11. Большинство деревьев произрастает в биогруппах и куртинах, реже — одиночно. В групповых посадках (объекты 1, 5, 8, 10, 11, 17, 18, 21) отмечена умеренная внутривидовая конкуренция. Одиночные деревья (объекты 2, 3, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 16, 20) характеризуются более развитыми кронами и лучшим приростом по диаметру.

Наибольший научный интерес представляют старовозрастные деревья: 12 экземпляров *P. menziesii* посадки 1884 г. и один экземпляр *P. menziesii* var. *glauca* посадки 1914 г. Важное место в структуре коллекции занимают 11

деревьев, выращенных из семян естественного ареала (США, долина реки Крукед-Ривер / *Crooked River*, 1962 г.**).** В насаждениях представлены образцы европейской интродукции: из Румынии (дендропарк г. Симерия, 1964 г. — 5 экз.) и Украины (Черниговская область, дендрологический парк "Тростянец", 1954 г. — 1 экз.), а также единичные экземпляры из других источников. К настоящему времени 33 дерева представлены собственной репродукцией ботанического сада. В целом точное происхождение установлено для 67% обследованных экземпляров.

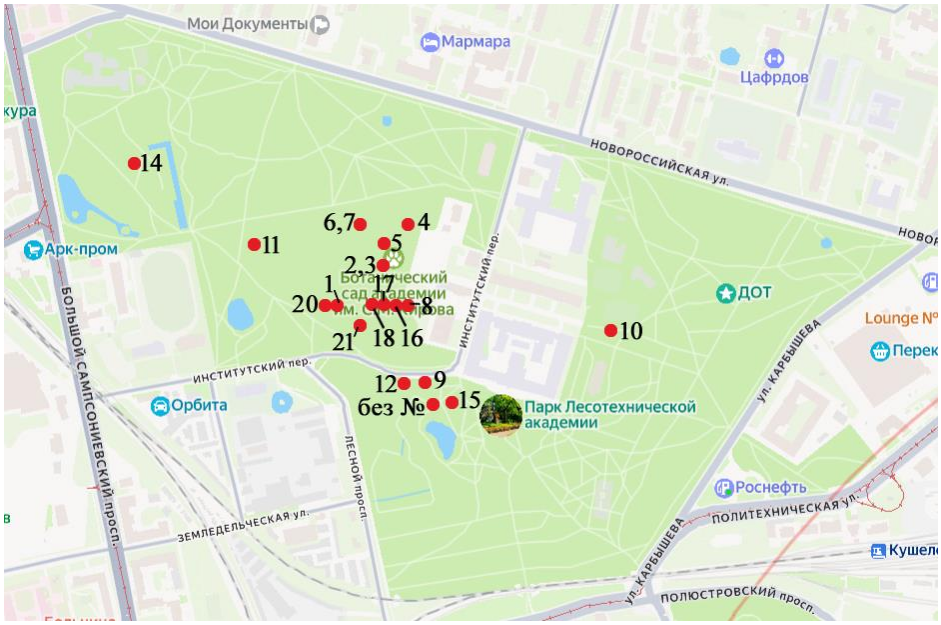

Рисунок 1 – **Схема расположения объектов *Pseudotsuga menziesii* в ботаническом саду СПбГЛТУ**
Figure 1 – **Layout of *Pseudotsuga menziesii* objects in the botanical garden of SPbFTU**

Все интродуцированные деревья старших возрастных классов вступили в генеративную фазу и регулярно формируют полноценные шишки**.** Устойчивое прохождение полных циклов развития свидетельствует о достижении видом репродуктивной зрелости, его успешной адаптации к местным условиям. Подробные таксационные данные представлены в таблице 1. Несмотря на регулярное семеношение, естественное возобновление *P. menziesii* в саду отсутствует. Главными причинами являются повреждение семян энтомовредителями и формирование плотного ковра хвойного опада, который полностью подавляет живой напочвенный покров, препятствует укоренению всходов и вызывает их аллелопатическое торможение. Появление жизнеспособного самосева теоретически возможно исключительно на открытых, хорошо освещенных участках вне полога и при отсутствии конкуренции с кустарниково-травянистой растительностью. Данный фактор существенно снижает риск спонтанной натурализации вида и исключает его инвазионную активность в условиях культуры [10,16].

Анализ собранных данных показал, что преобладает экоморфа с зелёной окраской хвои — 89%, экоморфа с голубой (сизой) окраской хвои представлена существенно меньшим числом деревьев — 11%.

Таблица 1 **– Характеристика объектов *Pseudotsuga menziesii* в ботаническом саду СПбГЛТУ**

Table 1 – **Characteristics of *Pseudotsuga menziesii* objects in the Botanical Garden of SPbFTU**

№ объекта	Координаты	Кол-во, шт.	Воз-раст, лет	$D_{ср}$, см	$H_{ср}$, м	$V_{ср}$, $м^3$	$КС_{ср}$, балл	Происхождение
1	2	4	5	6	7	8	9	10
Верхний дендросад								
2	N 59°59′39″; E 30°20′22	1	90	53	18	1,06	1	неизвестно
3	N 59°59′39″; E 30°20′22″	1	61	59	21	1,53	1	Украина, Черниговская обл
1	N 59°59′37″; E 30°20′18″	10	141	42,2	26,3	1,23	1,2	неизвестно
20	N 59°59′37″; E 30°20′17″	1	32	10	5	0,01	2	репродукция
21	N 59°59′36″; E 30°20′20″	3	85	48	20,7	1,00	1,3	неизвестно
17	N 59°59′37″; E 30°20′22″	4	52	24,3	22	0,27	1	Латвия, Лайды
16	N 59°59′37″; E 30°20′23″	1	111	46	19	0,84	1	неизвестно
8	N 59°59′37″; E 30°20′24″	11	57	35,9	25,2	0,68	1	США, Орегон
12	N 59°59′34″; E 30°20′27″	1	95	48	25,5	1,23	1	неизвестно
9	N 59°59′34″; E 30°20′29″	1	57	21	13,5	0,10	1	Румыния, г. Симерия
18	N 59°59′37″; E 30°20′21″	2	42	49,5	23,5	1,21	2	Россия, Липецкая обл.
5	N 59°59′41″; E 30°20′24″	10	57	32,4	18,4	0,51	1	неизвестно
Западный дендросад								
4	N 59°59′40″; E 30°20′22″	1	67	39	18	0,57	2	Румыния, г. Бухарест
6	N 59°59′41″; E 30°20′20″	1	67	42	22	0,81	1	репродукция
7	N 59°59′41″; E 30°20′20″	1	64	44	22	0,89	1	Венгрия, г. Сегед
14	N 59°59′44″; E 30°20′1″	2	25	9.5	6	0.01	2	неизвестно
Интродукционный питомник								
11	N 59°59′40″; E 30°20′11″	11	17	14.5	6.8	0.03	1	репродукция
Парк СПбГЛТУ								
10	N 59°59′36″; E 30°20′46″	33	11	3.3	3	<0.01	1	репродукция
15	N 59°59′33″; E 30°20′32″	2	60	28	15.8	0.33	1	неизвестно
Без №	N 59°59′33″; E 30°20′31″	3	45	21	10.3	0.10	1	неизвестно
Итого		100						

Поскольку экземпляры *P. menziesii* неоднородны по возрасту (от 11 до 141 года), происхождению и биометрическим показателям, для анализа они были разделены на возрастные группы в соответствии с классами возраста для хвойных пород: молодняки (1–2 классы, до 40 лет) сюда вошло 47 деревьев, средневозрастные (3–4 классы, 41–80 лет) - 38 деревьев и приспевающие, спелые и перестойные (5 класс возраста и старше, более 80 лет) - 16 деревьев, последняя группа для краткости условно названа нами "старовозрастные". Такое деление обусловлено различиями в динамике роста, характерными для данного вида: быстрый рост в молодом возрасте, достижение максимальной продуктивности в среднем возрасте и перелом в динамике роста с замедлением прироста после 80 лет [9,11].

Молодняки (до 40 лет). В сумме в БС к этой возрастной группе относится 47 деревьев, это объекты 10, 11, 14 и 20 в возрастном диапазоне 11–32 года. В данной группе преобладает экоморфа с зелёной окраской хвои (46 экз.), с голубой хвоей представлена одним экземпляром (объект 20). 45 деревьев имеют известное происхождение — собственная репродукция ботанического сада (объекты 10, 11, 20); к объекту 10 подсажены деревья ранее существовавших объектов 13 и 19 также собственной репродукции, в настоящее время они неотличимы от основной группы. Объект 14 (1 экз.) имеет неизвестное происхождение, но по таксационным показателям близок к местным репродукциям.

Типичные примеры биогрупп этой возрастной группы — объекты 10 и 11. Объект 10 (33 экз., возраст 11 лет) имеет средний диаметр 3.3 см, среднюю высоту — 3 м, объём ствола <0.01 м³ и КС=1. Объект 11 (11 экз., возраст 17 лет) характеризуется средним диаметром 14.5 см, высотой 6.8 м, объёмом ствола 0.03 м³ и КС=1. Практически все деревья здоровые, за исключением нескольких экземпляров, ослабленных межвидовой конкуренцией (рис. 2).

Годовой прирост объёма ствола среднего дерева на объекте 10 составляет <0.001 м³/год, на объекте 11 — 0.0018 м³/год, что показывает ускорение роста после 10 лет. В условиях естественного ареала (запад Северной Америки, Орегон и Вашингтон) молодые *P. menziesii* в первые 20–30 лет часто достигают годового прироста объёма ствола 0.01–0.05 м³/год [9,11]. В условиях Санкт-Петербурга этот показатель намного ниже, что объясняется коротким вегетационным периодом (≈140–150 дней) и меньшей суммой активных температур. Кроме того, супесчаный механический состав почв в месте исследования характеризуются низким содержанием доступных элементов питания, что ограничивает развитие деревьев в молодом возрасте.

Средневозрастные (41–80 лет). Во вторую группу — "средневозрастные деревья" — вошли объекты 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 17, 18, 15, возрастной диапазон 42–67 лет. В этой группе 38 деревьев, что составляет 38% от общей численности коллекции. В данной группе преобладает экоморфа с зелёной окраской хвои (32 экз., 84.2%), голубая (сизая) представлена 6 деревьями (объекты 17 и 18). Происхождение семян установлено для 28 деревьев (73.7%): семенной материал из Европы (Украина, Румыния, Венгрия, Латвия, Россия) и США. Для 10 деревьев происхождение неизвестно.



Рисунок 2 –**Молодые деревья *Pseudotsuga menziesii* посев 2007 г. на Интродукционном питомнике СПбГЛТУ (объект 11)**

Figure 2 – **Biogroup of young *Pseudotsuga menziesii* trees planted in 2007 in the Introduction Nursery of SPbFTU (object 11)**

Типичные примеры биогрупп этой возрастной группы — объекты 5 и 8. Объект 5 (10 экз., возраст 57 лет, происхождение неизвестно) имеет средний диаметр 32.4 см, высоту — 18.4 м, объём ствола 0.51 м³ и КС=1. Объект 8 (11 экз., возраст 57 лет, семена из США, Орегон) характеризуется средним диаметром 35.9 см, высотой 25.2 м, объёмом ствола 0.68 м³ и КС=1 (рис.3).

В целом основной фактор ослабления для средневозрастных деревьев в БС — недостаток питательных веществ в почве и внутривидовая конкуренция в загущенных групповых посадках. Несмотря на это, средняя категория санитарного состояния объектов остаётся высокой (1.2), что свидетельствует об адаптации вида к местным условиям в зрелом возрасте.

Старовозрастные (старше 80 лет). В третью группу, условно названную "старовозрастные деревья", вошли объекты 1, 2, 12, 16 и 21 в возрастном диапазоне от 85 до 141 года. В сумме они насчитывают 16 деревьев (16% коллекции). В данной группе преобладает экоморфа с зелёной окраской хвои (12 деревьев, 75%), с голубой - 4 дерева (объекты 16 и 21). Это ранние интродукции вида конца XIX — начала XX вв., происхождение семенного материала неизвестно.

Годовой прирост объёма среднего дерева на объекте 5 составляет 0.0089 м³/год, на объекте 8 — 0.0119 м³/год, что подтверждает максимальную продуктивность *P. menziesii* в возрасте 50–60 лет. В условиях Санкт-Петербурга с коротким вегетационным периодом и супесчаными почвами прирост средневозрастных деревьев меньше, чем в условиях естественного ареала (0.03–0.07 м³/год в 50–70 лет) [8, 10].

Объект 8 (происхождение – США, Орегон) демонстрирует более интенсивный рост по сравнению с объектом 5 (семена неизвестного происхождения), что может быть связано с лучшими генетическими характеристиками семенного материала.

2026; 5 (136): 92-105 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"



Рисунок 3 – **Биогруппа средневозрастных деревьев *Pseudotsuga menziesii* посев 1968 г. в Верхнем дендросаду СПбГЛТУ (объект 8)**
Figure 3 – **Biogroup of middle-aged *Pseudotsuga* menziesii trees sown in 1968 in the Upper Arboretum of SPbFTU (object 8)**

На объектах 4 и 18 встречаются единично ослабленные деревья (КС=2): у одного дерева отмечена морозобойная трещина, у второго — искривление ствола (двуствольное дерево) (рис. 4). Ослабление, вероятно, связано изначально с локальными повреждениями (механическими), а не с общей чувствительностью вида к местным условиям произрастания.



Рисунок 4 – **Ослабление средневозрастных деревьев *Pseudotsuga menziesii* (объект 18): ствол с морозобойной трещиной и искривление ствола**
Figure 4 – **Weakening of middle-aged Pseudotsuga menziesii trees (object 18): trunk with frost-resistant crack and trunk curvature**

Типичный пример биогруппы этой возрастной группы — объект 1 (10 деревьев, возраст 141 год), средний диаметр ствола - 42.2 см, высота — 26.3 м, объём ствола - 1.23 м³ и КС=1.2, единичные экземпляры ослаблены из-за внутривидовой конкуренции (рис.5).



Рисунок 5 – **Биогруппа старовозрастных деревьев *Pseudotsuga menziesii* посев 1884 г. в Верхнем дендросаду СПбГЛТУ (объект 1)**
Figure 5 – **Biogroup of old-growth Pseudotsuga menziesii trees sown in 1884 in the Upper Arboretum of SPbFTU (object 1)**

В целом можно заключить, что прирост у *P. menziesii* в изучаемых условиях меняется с возрастом: максимальные темпы наблюдаются в молодом возрасте (0.001–0.002 м³/год), пик приходится на средневозрастной период (50–80 лет, 0.009–0.012 м³/год), у старовозрастных экземпляров рост замедляется (0.008–0.009 м³/год и ниже). Полученные результаты согласуются с литературными данными о динамике роста *P. menziesii* в условиях естественного ареала. В Орегоне и Вашингтоне наибольшие приросты объёма ствола (0.03–0.07 м³/год) наблюдаются в 50–80 лет, после чего темпы снижаются, а после 100 лет рост становится минимальным. Возраст технической спелости породы целесообразно относить к 80 годам, когда прирост начинает снижаться, а деревья сохраняют хорошее санитарное состояние без возрастного ослабления [12,15].

Заключение. В коллекции БС СПбГЛТУ обследовано 100 деревьев (19 образцов) *P. menziesii.* Устойчивое семеношение и наличие экземпляров собственной репродукции (второе поколение) подтверждает высокую степень адаптации вида к условиям Северо-Запада России. Преобладает экоморфа с зеленой окраской хвои (89%) по сравнению с голубой (сизой), которая имеет меньшую высоту и прирост, но также сохраняет хорошее санитарное состояние (КС=1 в большинстве случаев). Известное

происхождение установлено для 67% экземпляров. Развитие деревьев *P. menziesii* в условиях Санкт-Петербурга характеризуется быстрым приростом в молодом возрасте, интенсивным ростом в период 60–80 лет и замедлением после 80–100 лет. Средневзвешенные показатели подтверждают успешную адаптацию вида: средний КС=1.2; старовозрастные экземпляры (в т.ч. 141-летние) сохраняют декоративность и семеношение. Единичные случаи ослабления (КС=2) связаны преимущественно с локальными повреждениями (морозобойная трещина, искривление ствола) и конкуренцией в групповых посадках. В сравнении с елью обыкновенной (*Picea abies* (L.) H. Karst.) псевдотсуга имеет более ранний возраст технической спелости (60–80 лет против 101–120 лет у ели), повышенную устойчивость к засухе, ветровалу и вредителям, а также древесину более высокого качества. В целом успешная адаптация *P. menziesii* в БС СПбГЛТУ подтверждает ее перспективность для лесного хозяйства и озеленения Северо-Запада России в условиях современного потепления климата.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 г. № 2047 Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573053313 (дата обращения: 09.02.2026).

2. Адонина, Н.П. Ботанический сад Санкт-Петербургского лесотехнического университета – 190 лет интродукции / Н.П. Адонина // Леса России: политика, промышленность, наука, образование//Матер. науч.-тех. конф. //С-Пб.: Изд-во СПбГЛТУ имени С.М. Кирова, 2016. – С. 7–9.

3. Вольф, Э.Л. Наблюдения над морозостойкостью деревянистых растений / Э.Л. Вольф // Труды Бюро по прикладной ботанике. – 1917. – Т. 10. - № 1. – 146 с.

4. Связева, О.А. Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова (К истории интродукции) / О.А. Связева — С-Пб: Росток, 2005. — 384 с.

5. Торчик, В.И. Интродукция псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) в условиях Беларуси / В.И Торчик, Г.А. Холопук – Минск: Белорусская наука, 2013. – 119 с.

6. Christian T. *Pseudotsuga menziesii* / T. Christian, A. Farjon // Trees and Shrubs Online. – 2023. – URL: https://www.treesandshrubsonline.org (дата обращения: 16.09.2026).

7. Daly, C. Development of a New USDA Plant Hardiness Zone Map for the United States / C. Daly, M.P. Widrlechner, M.D. Halbleib [et al.] // Journal of Applied Meteorology and Climatology. – 2012. – Vol. 51, No. 2. – P. 242–264. – DOI: 10.1175/2010JAMC2536.1 (дата обращения: 16.09.2026).

8. Franklin, J.F. Natural vegetation of Oregon and Washington: commentary and bibliographic supplement / J.F. Franklin, C.T. Dyrness // General Technical Report PNW-GTR-8. — Portland, OR : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 1988. — 216 p.

9. Hermann, R.K. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco — Douglas-fir / R.K. Hermann, D.P. Lavender // Silvics of North America: Volume 1. Conifers / ed. by R. M. Burns, B. H. Honkala. — Washington, DC : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 654, 1990. — P. 527–540.

10. Lange F. et al. Is Douglas fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco] invasive in central Europe? A case study from South-West Germany // Front for Glob Change. – 2022. – Vol. 5. – P. 844580. – DOI 10.3389/ffgc.2022.844580. (дата обращения: 02.09.2026).

11. Larson, B.C. Development and growth of even-aged stands of Douglas-fir and grand fir / B. C. Larson // Canadian Journal of Forest Research. — 1986. — Vol. 16, № 2. — P. 367–372. — DOI: 10.1139/x86-063 (дата обращения: 02.09.2026).

12. Nicolescu, V.N. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Europe: an overview of management practices / V.N. Nicolescu // Journal of Forestry Research. — 2023.

— Vol. 34. — P. 871–888. — DOI: 10.1007/s11676-023-01607-4 (дата обращения: 02.09.2026).

13. Plants of the World Online. – 2026. – URL: https://powo.science.kew.org (дата обращения: 10.07.2026).

14. *Pseudotsuga menziesii* 'Pendula' // Landscape Plants : website / Oregon State University. — Corvallis, Oregon. – 2026 – URL: https://landscapeplants.oregonstate.edu (дата обращения: 16.09.2026).

15. Riou-Nivert, P.H. Diversified silvicultural routes for Douglas-fir. 40 years of experience in private forests / P.H. Riou-Nivert. — Paris: Centre national de la propriété forestière, 2020. — 27 p.

16. Thomas, F.M. Non-native Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Central Europe: ecology, performance and nature conservation / F.M. Thomas, A. Rzepecki, W. Werner // Forest Ecology and Management. — 2022. — Vol. 504. — P. 41–47. — DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119956 (дата обращения: 02.09.2026).

17. Vitali, V. Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany / V. Vitali, U. Büntgen, J. Bauhus // Global Change Biology. — 2017. — Vol. 23. — P. 5108–5119. — DOI: 10.1111/gcb.13774 (дата обращения: 02.09.2026).

18. Vitasse Y. et al. Contrasting resistance and resilience to extreme drought and late spring frost in five major European tree species // Glob Change Biol. – 2019. Vol. 25. – P. 3781–3792. – DOI 10.1111/gcb.14803. (дата обращения: 02.09.2026).

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 No. 2047 On Approval of the Rules of Sanitary Safety in Forests. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573053313 (date of reference: 02/09/2026).

2. Adonina, N.P. Botanical Garden of St. Petersburg Forestry University – 190 years of introduction. Sankt-Petersburg: Publishing House of S.M. Kirov St. Petersburg State Technical University, 2016, pp. 7-9.

3. Wolf, E.L. Observations on the frost resistance of woody plants. Proceedings of the Bureau of Applied Botany, 1917, vol. 10, no. 1, 146 p

4. Svyazeva, O.A. Trees, shrubs and lianas of the Park of the Botanical Garden of the V.L. Komarov Botanical Institute (On the history of introduction. Sankt-Petersburg: Rostok, 2005,384 p.

5. Torchik, V.I., Kholopuk, G.A. Introduction of Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) in the conditions of Belarus.Minsk: Belorusskaya nauka, 2013, 119 p.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании исследований, обработке полученных результатов, анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:10.09.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:01.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted:02.11.2026

Сведения об авторах

Адонина Нина Петровна - кандидат биологических наук, директор Ботанического сада, доцент кафедры декоративного растениеводства. Область исследований - интродукция, декоративное растениеводство, ландшафтная архитектура. Автор свыше 80 научных публикаций.

2026; 5 (136): 92-105 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Контактная информация: ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова", 194021, Россия, г. Санкт-Петербург, Институтский пер. 5, e-mail: adonina.np@mail.ru.

Комарова Ольга Валерьевна – научный сотрудник. Область исследований – лесоводство, интродукция, лесовыращивание. Автор 40 научных публикаций.
Контактная информация: ФГБУ "ВНИИЛГИСбиотех". 394087, Россия, г.Воронеж, ул. Ломоносова, д. 105, e-mail: Olya34@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8230-4651.

Одинцов Анатолий Николаевич - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник. Область исследований – селекция древесных растений, интродукция, лесовыращивание. Автор 44 научных публикаций.
Контактная информация: ФГБУ "ВНИИЛГИСбиотех". 394087, Россия, г.Воронеж, ул. Ломоносова, д. 105, e-mail: sort3@yandex.ru ORCID ID: 0009-0000-7205-7688.

Information about authors
Nina P. Adonina - Candidate of Biological Sciences, Director of the Botanical Garden, Ass. Professor of the Department of Ornamental Plant Breeding. Research area - introduction, ornamental crop production, landscape architecture. Author of over 80 scientific publications.
***Contact information*:** FSBEI HE "Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov", 5 Institutsky pereulok, St. Petersburg, Russia, 194021, e-mail: adonina.np@mail.ru.

Olga V. Komarova – Research Fellow. Research area – forestry, introduction, and reforestation. Author of 40 scientific publications.
***Contact information*:** FSBI "All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology". 105 Lomonosov str., Voronezh, Russia 394087, e-mail: Olya34@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8230-4651.

Anatoly N. Odintsov - candidate of Biological Sciences, a leading researcher. Research area - breeding of woody plants, introduction, and reforestation. Author of 44 scientific publications.
***Contact information*:** FSBI "All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology". 105 Lomonosov str., Voronezh, Russia 394087, e-mail: sort3@yandex.ru ORCID ID: 0009-0000-7205-7688.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА” 2026; 5 (136): 106-124
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA” http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–106–124

УДК 551.77+571.87

Научная статья

ФАУНА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ “НОЖИЙ” КАК ИНДИКАТОР ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

М.А. Ербаева, Н.В. Алексеева

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, *Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, Россия*

Аннотация: В статье приводится описание фауны мелких млекопитающих из местонахождения “Ножий”. Дана детальная морфологическая характеристика таксонов, слагающих позднеплейстоценовое сообщество мелких млекопитающих. Сбор остатков мелких млекопитающих на разрезах проводился предварительным осмотром отложений расчисток *in situ* и при обнаружении отдельных костных остатков или костеносных линз проводилась послойная промывка осадков ситами с диаметром ячеи 0.5 мм. Фаунистический материал в целом включает представителей 5 классов позвоночных: рыбы – Pisces, земноводные – Amphibia, рептилии - Reptilia, птицы - Aves и млекопитающие – Mammalia. Наиболее многочисленны остатки млекопитающих, представленные 14 видами из 4 отрядов: хищные - *Mustella eversmani* Lesson, *Meles leucurus* Hodgson; парнокопытные - *Camelus* sp., зайцеобразные включает два таксона и отряд грызунов – 11 видов. В составе фауны доминируют формы открытых пространств, населяющие разнообразные степи (тарбаган, даурская пищуха, суслик близкий даурскому, тушканчик, монгольская полевка, хомячки, верблюд). Наиболее многочисленны серые полёвки, обитатели разнотравных и влажных лугов (узкочерепная, монгольская и восточная полёвки, полевка-экономка), прибрежных и лесостепных ландшафтов. Немногочисленны виды, характерные для лесной и лесостепной зон (заяц, бурундук и полёвка Максимовича), присутствие этих форм, даже в незначительном количестве, говорит о развитии лесных биотопов. На основе анализа видового состава, количественного соотношения видов, экологической приуроченности видов к определённым местообитаниям приводятся сведения о природных условиях времени существования фауны местонахождения “Ножий”.

Ключевые слова: Восточное Забайкалье, фауна мелких млекопитающих, зайцеобразные, грызуны, поздний плейстоцен.

Для цитирования: Ербаева М.А., Алексеева Н.В. Фауна мелких млекопитающих местонахождения “Ножий” как индикатор природной среды позднего плейстоцена Восточного Забайкалья. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 106–124. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–106–124.

2026; 5 (136): 106-124
Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

THE FAUNA OF SMALL MAMMALS IN THE "NOZHIY" LOCALITY AS AN INDICATOR OF THE LATE PLEISTOCENE NATURAL ENVIRONMENT OF EASTERN TRANS-BAIKAL TERRITORY

Margarita A. Erbaeva, Nadezhda V. Alekseeva

Dobretsov Geological Institute SB RAS, *Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia*

Abstract. The article describes the small mammal fauna of the "Noshiy" location. Detailed morphological characteristics of the taxa composing the Late Pleistocene small mammal community are provided. The collection of small mammal remains at the excavation sites began with an in situ inspection of the exposed sediment layers; upon the discovery of individual bone fragments or bone-bearing lenses, the sediment was processed by washing it through sieves with a mesh size of 0.5 mm. The faunal material as a whole includes representatives of five classes of vertebrates: Pisces, Amphibia, Reptilia, Aves and Mammalia. Mammalian remains are the most numerous, represented by 14 species from four orders: Carnivora (including **Mustela eversmanii* Lesson and *Meles leucurus* Hodgson), Artiodactyla (represented by *Camelus* sp.), Lagomorpha (comprising two taxa), and Rodentia (consisting of 11 species).The fauna is dominated by open-space forms inhabiting various steppes (tarbagan, Daurian pipit, ground squirrel close to the Daurian, jerboa, Mongolian vole, hamsters, camel). The most numerous are gray voles—inhabitants of mixed-grass and moist meadows (narrow-crusted, Mongolian, and Oriental voles; house vole), coastal areas, and forest-steppe landscapes. There are few species characteristics of forest and forest-steppe zones (hare, chipmunk, and Maximovich's vole); the presence of these forms, even in small numbers, indicates the development of forest biotopes. Based on the analysis of species composition, quantitative ratios, and the ecological proximity of species to certain habitats, information is provided regarding the natural conditions for the existence of the fauna at the "Noshiy" location.
Keywords: Eastern Transbaikalia, small mammal fauna, lagomorphs, rodents, Late Pleistocene.

For citation: Yerbayeva M.A., Alekseeva N.V. The fauna of small mammals in the "Nozhiy" locality as an indicator of the late Pleistocene natural environment of Eastern Trans-Baikal territory. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2026;5 (136): 106–124. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–106–124.

Введение. Общеизвестно важное значение остатков мелких млекопитающих для палеогеографических и палеоэкологических реконструкций, а также для биостратиграфии континентальных отложений позднего кайнозоя. По видовому составу остатков в ориктоценозах можно восстановить условия обитания вымерших фаун, климат, природную обстановку и палеоландшафты, в которых они существовали.

В последние десятилетия в Восточном Забайкалье открыты и изучены ряд местонахождений с остатками вымерших мелких млекопитающих, что позволяет проводить корреляцию одновозрастных фаун плиоцен - плейстоцена и включающих их осадочных толщ с таковыми прилежащих территорий, в частности, Западного Забайкалья [7,9,15].

Результаты комплексных исследований местонахождения Ножий были опубликованы в статье "Местонахождение "Ножий" из Восточного Забайкалья: геология и палеонтология" [9], где основное внимание уделено геологии и палинологии, по фаунистическим материалам приведены лишь общие сведения о видовом составе сообщества мелких млекопитающих, которые, как было отмечено, заполнили пробел в ископаемой летописи фауны позднего плейстоцена региона.

Цель – дать сравнительно-морфологическую характеристику видов,

слагающих фауну мелких млекопитающих местонахождения "Ножий". Детальный анализ экологической приуроченности видов позволяет воссоздать возможные природные условия времени существования фауны.

Материал и методы. При сборе и обработке палеонтологического материала авторы следовали общепринятой стандартной методике [1, 4]. Сбор остатков мелких млекопитающих на разрезах проводился предварительным осмотром отложений расчисток *in situ* и при обнаружении отдельных костных остатков или костеносных линз проводилась послойная промывка осадков ситами с диаметром ячеи 0.5 мм. Изучение и обработка палеонтологического материала в лабораторных условиях проводились нами по стандартной методике морфологических и морфометрических исследований [5]. Все промеры костных остатков и зубов даны в миллиметрах (мм). В работе принята Международная стратиграфическая шкала [13].

Результаты и обсуждение. Местонахождение "Ножий" расположено на восточном берегу оз. Ножий в Восточном Забайкалье. В древнем овраге на береговом уступе озера Ножий вскрываются рыхлые отложения, сложенные лессовидными супесями и суглинками мощностью до 6 метров, встречаются здесь также отдельные останцы, включающие костные остатки. Завершается разрез голоценовой почвой [9].

Фаунистический материал в целом включает представителей 5 классов позвоночных: рыбы – Pisces L, земноводные – Amphibia L., рептилии - Reptilia L., птицы - Aves L и млекопитающие – Mammalia L.

Наиболее многочисленны остатки млекопитающих, представленные 14 видами из 4 отрядов: хищные - *Mustella eversmani* Lesson, *Meles leucurus* Hodgson; парнокопытные - *Camelus* sp., зайцеобразные включает два таксона и отряд грызунов – 11 видов.

Здесь приведены данные только по мелким млекопитающим, грызунам и зайцеобразным. В составе фауны установлены следующие таксоны:

Отряд Lagomorpha Brandt, 1855– зайцеобразные
Семейство Leporidae Fischer, 1817 - зайцевые
Lepus sp.
Семейство Ochotonidae Thomas, 1897- пищуховые
Ochotona dauurica (Pallas, 1776) - даурская пищуха
Отряд Rodentia Bowdich, 1821 - грызуны
Семейство Sciuridae Fischer, 1817 – беличьи
Tamias cf. *sibiricus* Laxman, 1769 - азиатский бурундук
Spermophilus sp. (cf. S.*dauricus*) (Brandt, 1841) – даурский суслик
Marmota sibirica Radde, 1862 - монгольский сурок (тарбаган)
Семейство Allactagidae Vinogradov, 1925 - тушканчиковые
Allactaga sibirica Forster, 1778 - сибирский тушканчик
Семейство Cricetidae Fischer, 1817 – хомяковые
Cricetulus cf. *barabensis* Pallas, 1773 - барабинский хомячок
Alexandromys oeconomus Pallas, 1776 - полевка-экономка
Alexandromys cf. *maximoviczii* Schrank, 1859 - полевка Максимовича
Alexandromys fortis Buchner, 1889 - восточная полевка
Alexandromys cf. *mongolicus* Radde, 1861 - монгольская полевка
Stenocranius gregalis Pallas, 1779 - узкочерепная полевка
Семейство Muridae Illiger, 1811 – мышиные
Rattus sp. – серая крыса

Все виды млекопитающих местонахождения "Ножий" являются представителями современной фауны Восточного Забайкалья, за исключением верблюда, ближайший современный ареал которого находится в Заалтайской Гоби на юге Монголии [2].

В составе фауны доминируют формы открытых пространств,

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

населяющие разнообразные степи (тарбаган, даурская пищуха, суслик близкий даурскому, тушканчик, монгольская полевка, хомячки, верблюд). Встречены обитатели разнотравных и влажных лугов (узкочерепная и восточная полёвки, полевка-экономка) и немногочисленны виды, характерные для лесной и лесостепной зон (заяц, бурундук и полёвка Максимовича).

Морфометрическое описание остатков мелких млекопитающих местонахождения "Ножий"

Отряд Lagomorpha Brandt, 1855 - зайцеобразные
Семейство Leporidae Fischer, 1817 - зайцевые
Род *Lepus* Linnaeus, 1758 - зайцы
Lepus sp. – заяц

Материал. Фрагмент левой нижнечелюстной кости с m2-m3; пяточная кость, фрагмент крестцовой кости (таблица 1).

Описание. Фрагмент нижнечелюстной кости плохой сохранности, зубы повреждены. Судя по размерам зубов и пяточной кости, вымерший заяц из местонахождения "Ножий" был мелких размеров, ближе таксономически неопределимый. Второй нижний моляр - m2 состоит из двух конидов, соединенных друг с другом обильным цементом и тонкой костной пластинкой на лингвальной стороне зуба. Ширина тригонида и талонида этого зуба практически одинаковой величины. m3 также состоит из двух конидов, соединенных между собой обильным количеством цемента, ширина тригонида зубов превышает таковую талонида (таблица 1).

Таблица 1 - **Промеры зубов *Lepus* sp**.
Table 1 - **Measurements of *Lepus* sp teeth**

№	Промеры	Длина	Ширина тригонида	Ширина талонида
1.	m2-m3	5.0		
2.	m2	3.0	3.0	2.8
3.	m3	2.1	1.7	1.1

Семейство Ochotonidae Thomas, 1897 – пищуховые
Род *Ochotona* Link, 1795 - пищухи
Вид *Ochotona dauurica* Pall., 1776 - даурская пищуха

Материал. 3 фрагмента черепа с различным количеством зубов; нижнечелюстные кости с различным количеством зубов: правые - 7 экз., левые - 8 экз.; 5 фрагментов верхних резцов и кости посткраниального скелета (табл. 2 и 3, рисунок фиг. 1-3).

Описание. По размерам, строению черепа и структуре зубной системы описываемая форма относится к даурской пищухе, которая входит в состав современной фауны региона. Судя по фрагменту лицевого отдела черепа, рострум сравнительно длинный и не широкий, череп узкий и крупный. Как и у номинативной формы, предглазничное отверстие удлиненное, треугольной формы. Межглазничное пространство взрослых особей с гребнями, образующими надорбитальные валики. Орбиты крупные, округлой формы, небно-резцовые отверстия слиты. P2 и P3 типичного для даурской пищухи строения (рисунок 1, фиг.1).

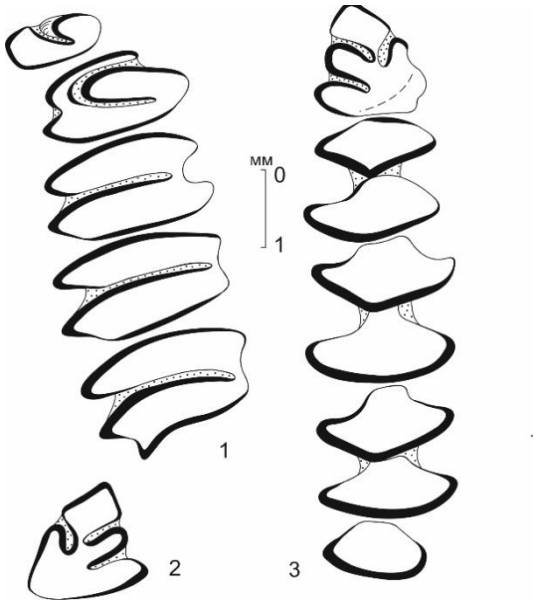

Рисунок 1 - ***Ochotona daurica*** **Pallas: фиг. 1 – P2-M2; фиг. 2 - p3; фиг. 3 - p3-m3**
Figure 1 - ***Ochotona daurica*** **Pallas: spec. 1 – P2-M2; spec. 2 - p3; spec. 3 - p3-m3**

Нижнечелюстная кость не массивная, ветвь её сравнительно высокая, диастема короткая. Нижний резец заканчивается под p4. На p3 передний конид крупный, ромбовидной формы, полностью отделен от заднего конида, широкого и короткого. Внутренняя входящая складка, отделяющая передний конид от заднего, значительно глубже наружной и направлена несколько назад (рисунок. 1, фиг. 2, 3). У современного вида все стороны антероконида одинаковой длины, у вымершего таксона передне-внутренняя и задне-наружная стороны конида несколько удлинены и внутренняя входящая складка этого зуба более глубокая. Эти последние отмеченные признаки являются прогрессивными и показывают, что вымершая форма из местонахождения "Ножий" архаичнее современной *Ochotona dauurica.*

Ископаемые остатки даурской пищухи известны из многочисленных местонахождений на обширной территории Западного Забайкалья от Баргузинской долины на севере до Кяхты на юге, из отложений конца среднего и позднего плейстоцена и голоцена [8]. Встречены они также в позднеплейстоценовых отложениях Восточного Забайкалья, в местонахождении Вороний Яр [7].

Таблица 2 - **Промеры черепа и верхних зубов *Ochotona dauurica* Pall.**
Table 2 - **Measurements of the skull and upper teeth of *Ochotona dauurica* Pall.**

№	Промеры	Полувзрос- лые особи	Взрослые особи	Взрослые особи
1.	Альвеолярная длина P2-M2	6.8	8.0	7.5
2.	Коронарная длина P2-M2	6.4	7.2	6.3
3.	Диастема	8.0	8.3	
4.	Межглазничная ширина	4.5	3.4	4.3
5.	Длина неба	1.8	1.4	1.6
6.	Длина P2	0.6	0.8	0.6
7.	Ширина P2	1.25	1.8	1.2
8.	Длина P3	1.1	1.25	1.1
9.	Ширина P3	2.1	2.4	2.1

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Таблица 3 - **Промеры нижнечелюстной кости и нижних зубов *Ochotona dauurica* Pall.**
Table 3 - Measurements of the mandibular bone and lower teeth of *Ochotona dauurica* Pall.

№	Промеры	n	x	lim	var	stdev
1.	Альвеолярная длина p3-m3	10	7.98	7.2-8.7	0.140	0.374
2.	Коронарная длина p3-m3	7	7.09	6-7.5	0.285	0.534
3.	Длина p3	8	1.43	1.1 - 1.6	0.031	0.177
4.	Ширина p3	8	1.38	1.1 - 1.5	0.024	0.156
5.	Диастема	10	4.64	4-5.2	0.154	0.392
6.	Высота челюсти у p4	9	5.33	5-5.6	0.035	0.187
7.	Высота челюсти у p4	9	4.9	4.5 - 5.1	*0.033*	0.180
8.	Толщина челюсти у p4	9	3.3	3 - 3.8	0.080	0.283
9.	Толщина челюсти у p4	9	2.82	2.5 - 3.2	0.084	1.291
10.	Ширина резца	7	1.24	1.2 - 1.3	0.001	0.035

Отряд Rodentia Bowdich, 1821 - грызуны
Семейство Sciuridae Fischer, 1817 – беличьи
Род *Tamias* Illiger, 1811 - бурундуки
Tamias (Eutamias) sibiricus Laxmann, 1769 - сибирский бурундук

Материал. Правая нижнечелюстная кость с полным рядом зубов, с поврежденными венечным и сочленовным отростками, и с частично поврежденным основанием углового отростка.

Описание. Зверёк полувзрослый, мелких размеров, сходным с таковыми современного вида, зубы слабо стертые. Высота нижнечелюстной ветви в области диастемы значительно ниже, чем в зубном отделе. Foramen mentale расположен в середине диастемы, ближе к поверхности челюсти. Зубы низкокоронковые, их жевательная поверхность бугорчато-гребенчатая. p4 мелких размеров, его задняя ширина значительно превышает переднюю; очертания m1 и m2 ромбовидные, m3 удлиненный, передняя ширина зуба превышает значительно таковую задней (рис. 2, фиг. 1, 2).

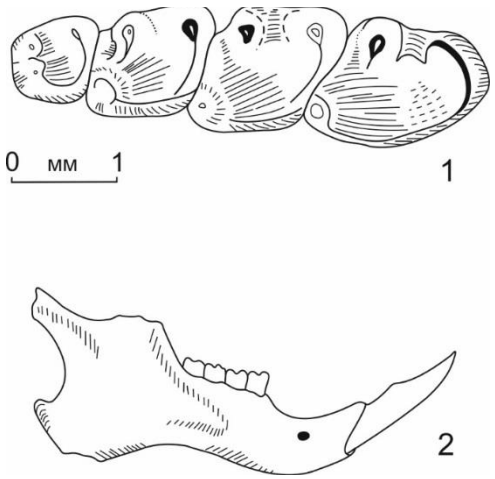

Рисунок 2 - ***Tamias* (*Eutamias*) *sibiricus* Laxman: фиг. 1 - p4-m3; фиг. 2 – правая нижнечелюстная кость, увеличение в 4 раза**
Figure 2 - **Tamias (Eutamias) sibiricus Laxman: spec. 1 - p4-m3; spec. 2 – dext mandible, enlarged 4 times**

Достоверные ископаемые остатки бурундука в Восточной Сибири известны из пещерных местонахождений Прибайкалья: Унильская (поздний плейстоцен), Шаманская и Кадилинская (ранний голоцен). Остатки их

выявлены также в фаунах археологической стоянки Студеное-2 (горизонт 2) позднеплейстоцен-раннеголоценового времени [16].

Таблица 4 - **Промеры нижнечелюстной кости и зубов *Tamias (Eutamias) sibiricus* Laxmann**
Table 4 - **Measurements of the mandibular bone and teeth of *Tamias (Eutamias) sibiricus* Laxmann**

№	Промеры	в мм
1.	Альвеолярная длина p4-rn3	6.9
2.	Коронарная длина p4-m3	6.4
3.	Длина p4	1.25
4.	Ширина p4	1.0
5.	Длина m1	1.55
6.	Ширина m1	1.6
7.	Длина m2	1.7
8.	Ширина m2	1.6
9.	Длина m3	2.0
10.	Ширина m3	1.7
11.	Ширина резца	1.2

Род *Marmota* Blumenbach, 1779 - сурки
Marmota sibirica Radde, 1862 - забайкальский сурок или тарбаган

Материал. Фрагмент верхнечелюстной кости с P3-M3; фрагмент черепа с лобной костью, с надглазничными отростками; изолированный верхний резец; правый P3; левая нижнечелюстная кость взрослого зверька с поврежденным сочленовным и угловым отростками и наличием m3; фрагмент левой нижнечелюстной кости очень молодого зверька с p4; правая нижнечелюстная кость полувзрослого зверька с полным рядом зубов (p4-m3), по одному экземпляру бедренная и плечевая кости (табл. 5).

Описание. Размеры в пределах изменчивости современного вида. Нижнечелюстная кость со сравнительно коротким и высоким резцовым отделом. Внутренний край резцового отдела в области симфиза приподнят кверху и образует небольшое углубление на верхней части отдела. Нижние резцы сравнительно узкие, в поперечном сечении и удлиненные в передне-заднем направлении. На наружной поверхности нижнечелюстной кости под m1, у переднего края массетерной площадки имеется бугорок крупных размеров. Сочленовный отросток, крупный и сравнительно широкий, расположен ниже венечного, который имеет почти вертикальное положение. Головка сочленовного отростка наклонена на внутреннюю сторону челюсти и в её основании на наружной стороне челюсти имеется небольших размеров углубление. Угловой отросток повернут внутрь сравнительно слабо. Угловая вырезка мелкая. Зубы высококоронковые. p3 крупный, с хорошо выраженным центральным гребнем и задней площадкой. Передний воротничок на зубе отсутствует, как и у современного вида.

p4 сравнительно крупных размеров, длина зуба превышает ширину. Передний промежуточный бугорок этого зуба, соединяясь с параконидом и метаконидом, образует хорошо выраженное воронкообразное углубление. m1 и m2 слабо сжаты в передне-заднем направлении. m3 крупных размеров, его передняя ширина значительно превышает заднюю. Имеющаяся морфологическая изменчивость признаков не выходит за рамки изменчивости у современного вида.

Ископаемые остатки забайкальского сурка известны из многочисленных местонахождений Западного Забайкалья позднеплейстоценового и голоценового времени [6,8].

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Таблица 5 - **Промеры черепа и зубов *Marmota sibirica* Radde**
Table 5 - Measurements of the skull and teeth of *Marmota sibirica* Radde

№	Промеры	м-ние Ножий		современный вид	
		n	lim	n	lim
1.	Альвеолярная длина P3-M3	1	21.8	5	22.0-23.2
2.	Коронарная длина P3-M3	1	20.9	5	20.5-22.0
3.	Межглазничная ширина	1	21.2	5	21.0- 27.0
4.	Ширина резца	1	3.4	5	2.5-4.0
5.	Длина P3	1	3.0	5	3.0- 3.2
6.	Ширина P3	1	3.2	5	3.2- 3.4
7.	Альвеолярная длина p4-m3	2	20.9; 21.7	5	21.6-22.8
8.	Коронарная длина p4-m3	1	20.0	5	20.2 -21.0
9.	Длина p4	2	3.6; 3.7	5	4.7 -4.8
10.	Ширина p4	2	3.0; 3.3	5	4.6 -4.8
11.	Длина ml	1	4.5	5	4.0 -4.3
12.	Ширина ml	1	3.8	5	4.8-5.0
13.	Длина m2	1	4.7	5	4.5 -4.6
14.	Ширина m2	1	4.0	5	5.0-5.8
15.	Длина m3	2	4.5; 5.0	5	5.3 - 5.7
16.	Ширина m3	2	4.2; 4.5	5	5.5 -6.0
17.	Ширина нижнего резца	2	2.1-3.8	5	3.6-4.0

Семейство Dipodidae Fischer, 1817 – тушканчиковые
Род *Allactaga* F.Cuvier, 1837 – земляные зайцы
Allactaga sibirica Forster, 1778 – сибирский тушканчик

Материал. 2 фрагмента верхнечелюстной кости без зубов и один с P4-M2; два фрагмента нижнечелюстных костей без зубов; изолированный m2; кости посткраниального скелета (цевка, бедро) –4 (табл. 6).

Описание. Зубы высококоронковые. По структуре жевательной поверхности зубов (рис. 3, фиг. 1-3), строению нижнечелюстных костей, фрагментов черепа и по размерам зубов описываемая форма сходна с современным видом. Нет отличий и в пропорциях отдельных костей посткраниального скелета.

Таблица 6 - **Промеры верхних и нижних зубов *Allactaga sibirica* Forster**
Table 6 - Measurements of the upper and lower teeth of *Allactaga sibirica* Forster

№	Промеры	в мм
1.	Альвеолярная длина m1 - m3	7.8
2.	Диастема нижней челюсти	6.7; 6.7
3.	Длина m2	2.75
4.	Ширина m2	1.75
5.	Коронарная длина P4 - M2	6.4
6.	Длина P4	0.9
7.	Ширина P4	1.05
8.	Длина Ml	2.7
9.	Ширина MI	1.5
10.	Длина M2	2.5
11.	Ширина M2	1.5

Ископаемые остатки тушканчика известны на территории Западного Забайкалья из ряда местонахождений позднего плейстоцена и голоцена.

Вымершая форма *Allactaga sibirica transbaicalica* известна из местонахождений среднего плейстоцена Тологой и Додогол. Наиболее ранние находки остатков вымерших форм тушканчика в Забайкалье относятся к раннему плейстоцену [6,14].

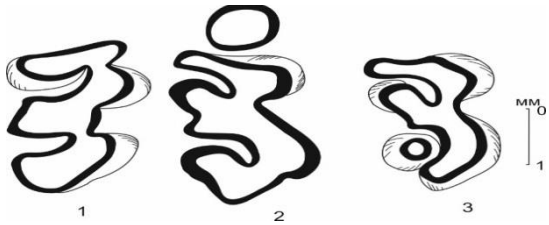

Рисунок 3 - ***Allactaga sibirica*** **Forster: фиг. 1 - m2; фиг.2 – P4-M1; фиг. 3 – M2**
Figure 3 - ***Allactaga sibirica*** **Forster: spec. 1 - m2; spec. 2 – P4-M1; spec. 3 – M2**

Семейство Muridae Illiger, 1811 - мышиные
Род *Rattus* Fischer, 1802 - крысы
Rattus sp. - серая крыса

Материал. Фрагмент правой нижнечелюстной кости с m1-m3 (табл.7).

Описание. По размерам зубов и их строению крыса из местонахождения "Ножий" сходна с современным видом *Rattus norvegicus,* широко распространенным на территории юга Восточной Сибири. Как и у последнего, ml наиболее крупный зуб, удлиненной формы, имеющий шесть основных бугорков (protoconid, metaconid, hypoconid, entoconid, наружный и внутренний anteroconid), которые попарно образуют поперечные гребни, полностью разделенные друг от друга. Задний cingulum мелких размеров, низкий, также полностью отделен от hypoconid'a и entoconid'a. Этот зуб в задней половине намного шире, чем в передней. Передний гребень, образованный слиянием наружного и внутреннего антероконидов, вогнут на передней стороне и слабовыпуклый на задней. Этот зуб обладает архаичными признаками, такими как присутствие боковых цингулюм. m2 - наиболее широкий зуб в зубном ряду, на жевательной поверхности имеется два гребня, образованных слиянием четырёх основных бугров попарно: protoconid'a, metaconid'a и hypoconid'a, entoconid'a, задний цингулюм также мелкий и низкий и отделен от впереди расположенного гребня полностью. На наружной стороне гребней имеются дополнительные цингулюмы мелких размеров. m3 - сравнительно узкий зуб относительно первых двух, он в два раза короче первого моляра. На жевательной поверхности два гребня, передний широкий и узкий задний, нет заднего цингулюма, присутствующий на m1 и m2, однако имеется передненаружный дополнительный цингулюм. Ископаемые остатки крысы известны из песчаных выдувов на юге Западного Забайкалья, найдены они в составе голоценовых фаун [6].

Таблица 7 - **Промеры зубов *Rattus* sp.**
Table 7 **- Dental measurements of *Rattus* sp.**

№	Промеры	в мм
1.	Альвеолярная длина m1-m3	6.8
2.	Коронарная длина m1-m3	6.2
3.	Длина m1	2.9
4.	Ширина m1	1.5
5.	Длина m2	2.1
6.	Ширина m2	1.7
7.	Длина m3	1.4
8.	Ширина m3	1.4

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Семейство Cricetidae Fischer, 1817 - хомяковые
Подсемейство Cricetinae Fischer, 1817 - хомячьи
Род *Cricetulus* Milne-Edwards, 1867 - серые хомячки
Cricetulus cf. *barabensis* Pallas, 1773 - барабинский или даурский хомячок

Материал. Фрагмент правой верхнечелюстной кости с Ml-M3 взрослой особи, фрагменты нижнечелюстных костей, принадлежащих старым, взрослым и молодым особям с разным числом зубов: правых - 2; левых - 5 экземпляров (табл. 8).

Описание. По размерам описываемая форма близка к современным видам, даурскому хомячку и джунгарскому. Однако от последнего отличается несколько более длинной диастемой и полого изогнутым резцовым отделом. Челюстные ветви сравнительно массивные, гребни массетерной площадки развиты хорошо. Основание альвеолы резца под венечным отростком выступает наружу в виде небольшого бугорка, и ямка на поверхности нижней челюсти под венечным и сочленовным отростками сравнительно мелкая. Ментальное отверстие расположено чуть впереди ml на середине высоты резцового отдела. Верхние коренные имеют по четыре корня за исключением m3, у которого их три. На нижних коренных зубах по два корня. MI - попарные основные бугры расположены супротивно, наружные лишь слабо сдвинуты назад. На M2 хорошо развиты передненаружный и передневнутренний воротнички, основные бугорки расположены так же супротивно, как и на M1 и между ними образуется глубокая воронка. На M3 передние бугры лежат супротивно и соединены с задним. На этом зубе также хорошо развиты оба передних воротничка. На ml передние бугорки хорошо обособлены, соединяются они со средней парой узким стилем. Наружные бугорки на m2 и m3 несколько сдвинуты назад. Задний воротничок на всех зубах развит достаточно хорошо.

Ископаемые остатки хомячков, близких к *Cricetulus barabensis,* известны из многочисленных местонахождений Забайкалья, начиная с раннего плейстоцена до голоцена включительно. Морфологически зубы различаются слабо, возможно это связано с тем, что они занимают определенную экологическую нишу, обитают в сходных сухих степных и лесостепных ландшафтных.

Таблица 8 - **Промеры нижнечелюстных ветвей и нижних зубов *Cricetulus* cf. *barabensis* Pall.**
Table 8 - **Measurements of mandibular branches and lower teeth of *Cricetulus cf. barabensis* Pall.**

№	Промеры	n	x	lim	stdev	var
1.	Альвеолярная длина ml-m3	7	3.87	3.6-4.1	0.160	0.026
2.	Коронарная длина m1-m3	6	3.81	3.6-4	0.132	0.017
3.	Коронарная длина ml-m2	7	2.67	2.5 -2.8	0.107	0.012
4.	Длина ml	7	1.53	1.4-1.6	0.070	0.005
5.	Ширина ml	7	0.93	0.9- 1	0.039	0.002
6.	Длина m2	7	1.17	1.1 - 1.25	0.049	0.002
7.	Ширина m2	7	0.97	0.9- 1.05	0.057	0.003
8.	Длина m3	6	1.15	1.1 - 1.25	0.077	0.006
9.	Ширина m3	6	0.87	0.8-0.95	0.068	0.005
10.	Диастема	6	4.06	3.35 - 4.35	0.381	0.145
11.	Высота челюсти у ml	5	3.28	3-3.6	0.259	0.067
12.	Высота челюсти у m3	5	2.46	2.2-2.8	0.241	0.058

Подсемейство Arvicolinae Gray, 1821 - полевочьи
Подрод *Stenocranius* Kastschenko, 1901 - узкочерепные полевки
Stenocranius gregalis Pall., 1779 - узкочерепная полевка

Материал. Один фрагмент верхнечелюстной кости с Ml-M3; фрагменты нижнечелюстных костей с разным числом зубов: правых - 3, левых 5. Изолированные зубы: по одному правому и левому Ml, M3 - 3 экземпляра, левые - 2, правый (обломок) m1 – 1; по одному экземпляру правые m2 и m3 (табл.9 и 10).

Описание. Корни на зубах отсутствуют. Отложения цемента во входящих складках обильные. Эмаль дифференцирована, как у всех рецентных серых полевок. Первый нижний моляр ml, как правило, состоит из 7 треугольных петель, полностью разъединенных. Параконидный отдел этого зуба усложненный, он состоит из антероконида и двух треугольных петель, полностью отделенных друг от друга и от позади лежащих треугольных петель протоконида. Передняя непарная петля морфологически очень изменчива, установлено несколько морфотипов, показывающих тенденцию к усложнению этого отдела зуба во времени. Основные морфотипы вымерших и современных форм сходны, у разновозрастных в геологическом отношении популяций соотношение морфотипов варьирует. Среди 9 m1 из местонахождения «Ножий» встречаются архаичные морфотипы у 4 экземпляров, два экземпляра обладают прогрессивными морфотипами, один зуб имеет 8 петель, у второго экземпляра передняя непарная петля почти полностью отделена и в будущем зуб будет иметь 8 петель. Три зуба имеют промежуточные морфотипы, для которых характерен сравнительно короткий антероконид (рис. 4, фиг. 1- 4).

Для m3 характерно наличие передней и задней непарных петель и трех средних, полностью разъединенных. Во входящих складках наличие цемента варьирует, более обильный в глубоких складках и немного в мелких. В целом по эволюционному уровню узкочерепная полёвка из местонахождения "Ножий" занимает промежуточное положение между среднеплейстоценовыми формами и видом, встречающимся в современной фауне. Наиболее ранние ископаемые остатки узкочерепной полевки в Забайкалье известны из отложений начала среднего плейстоцена. Этот вид является характерным представителем позднеплейстоценовых и голоценовых фаун Забайкалья.

Материал. Один фрагмент левой нижнечелюстной кости с ml-m2 и два изолированных M3 (табл.11).

Описание. По размерам и морфологическому строению зубной системы полевка экономка из местонахождения "Ножий" сходна с современной формой. Первый нижний моляр (m1) типичного для экономки строения имеет удлиненную переднюю и короткую заднюю непарные петли и четыре полностью разъединенные треугольные петли. Для m2 (рис. 5, фиг.1) характерно частичное слияние первой пары треугольных петель, которые разъединены у монгольской и восточной полевок. Третий верхний коренной зуб (M3) имеет 4 внутренних выступающих угла и три наружных, заполненных цементом. Задняя непарная петля узкая, удлиненная, имеет дополнительный внутренний зубчик (рис.5, фиг. 2).

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

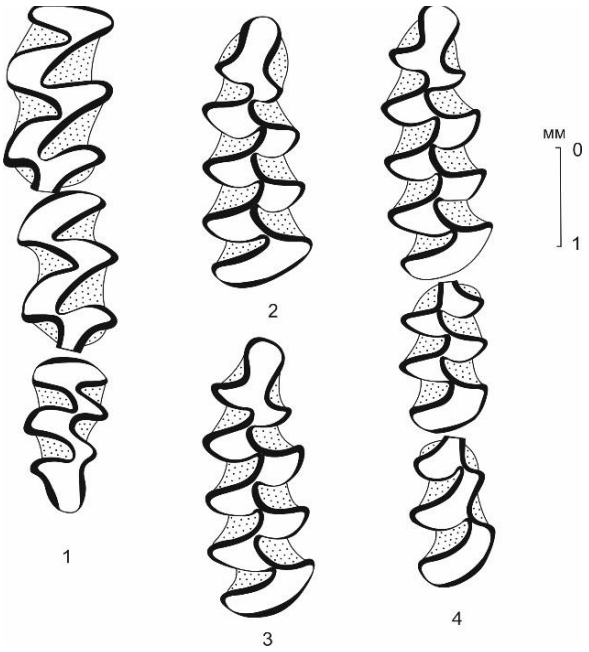

Рисунок 4 - ***Stenocranius gregalis*** **Pall: фиг. 1 - M1-M3; фиг. 2, 3 - m1; фиг. 4 - m1-m3**
Figure 4 - ***Stenocranius gregalis*** **Pall: spec. 1 - M1-M3; spec. 2, 3 - m1; spec. 4 - m1-m3**

Таблица 9 - **Промеры верхних зубов *Stenocranius gregalis* Pall.**
Table 9 **- Measurements of the upper teeth of *Stenocranius gregalis* Pall.**

№	Промеры	
1.	Альвеолярная длина M1-M3	6.0
2.	Коронарная длина Ml-M3	5.5
3.	Коронарная длина Ml-M2	3.8
4.	Длина/ширина M1	2.1/1.15
5.	Длина/ширина M2	1.6/0.95
6.	Длина/ширина M3	1.7/0.8
7.	Расстояние между M1	1.2
8.	Расстояние между M2	1.75

Таблица 10 - **Промеры нижнечелюстных костей и зубов *Stenocranius gregalis***
Table 10 - **Measurements of mandibular bones and teeth of *Stenocranius gregalis***

№	Промеры	n	x	lim	stdev	var
1.	Альвеолярная длина m1-m3	3	6.4	6-6.8	0.4	0.16
2.	Коронарная длина m1-m3	2	6.25	6.1-6.4	0.212	0.045
3.	Коронарная длина m1-m2	7	4.6	4.4-4.8	0.163	0.027
4.	Длина m1	9	2.86	2.75-3	0.111	0.012
5.	Ширина m1	9	1.08	1.05-1.1	0.029	0
6.	Длина m2	8	1.66	1.6-1.75	0.075	0.01
7.	Ширина m2	8	1	1	0	0
8.	Длина m3	3	1.5	1.5	0	0
9.	Ширина m3	3	0.88	0.85-0.9	0.035	0
10.	Высота челюсти у m1	6	4.5	4.4-4.7	0.173	0.03
11.	Диастема	4	3.7	3.6-3.8	0.1	0.01

Род *Alexandromys Ognev*, 1914 – восточноазиатские полевки
Alexandromys oeconomus Pall., 1776 - полевка-экономка

Достоверные ископаемые остатки полевки-экономки известны в

Западном Забайкалье со среднего плейстоцена [6]. Судя по строению зубов и размерам, этот вид сохранил морфологическую структуру зубов до современности. Возможно, это можно объяснить экологическими особенностями вида, который населяет во всех регионах определенный тип биотопов с обилием увлажненных мест.

Таблица 11 - **Промеры зубов *Alexandromys oeconomus* Pall.**
Table 11 - **Dental measurements of *Alexandromys oeconomus* Pall.**

№	Промеры	в мм
1.	Коронарная длина m1-m2	4.5
2.	Длина / ширина ml	2.85/1.0
3.	Длина / ширина m2	1.5/0.95
4.	Длина / ширина m3	2.2/1.0; 2.2/0.95
5.	Диастема	4.0

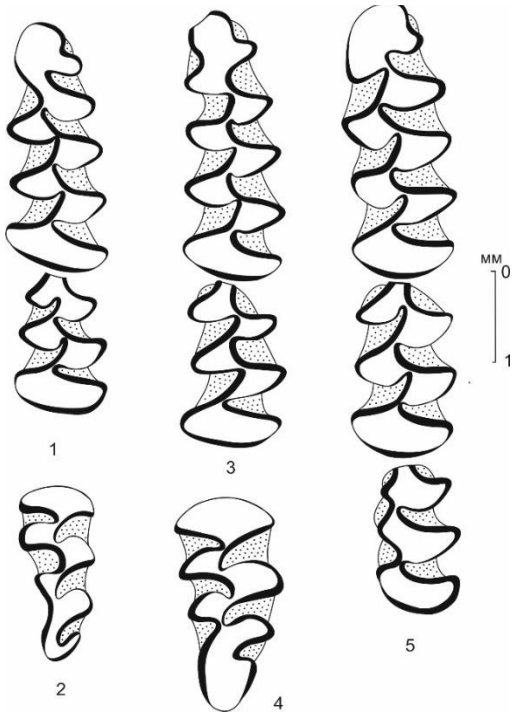

Рисунок 5 - ***Alexandromys oeconomus* Pall.: фиг 1 - m1-m2; фиг. 2 – M3**.
***Alexandromys maximoxiczii* Schrank: фиг. 3 - m1-m2**
***Alexandromys fortis* Buchner: фиг. 4 - M3; фиг. 5 - m1-m3**
Figure 5. **Alexandromys oeconomus Pallas: spec. 1 - m1-m2; spec. 2 – M3.**
***Alexandromys maximoxiczii* Schrank: spec. 3 - m1-m2**
***Alexandromys fortis* Buchner: spec. 4 - M3; spec. 5 - m1-m3**

Alexandromys fortis Buchner, 1889 - восточная полевка

Материал. Один фрагмент левой нижнечелюстной кости с ml-m3; один фрагмент правой нижнечелюстной кости с m2-m3 и поврежденным m1; изолированные зубы: правые m1 и M3, левый ml без антероконида (табл. 12).

Описание. По размерам и структуре жевательной поверхности зубов описываемая форма сходна с современным видом *Alexandromys fortis.* Размеры для полевок крупные. На ml и m2 все петли разъединены

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

полностью (рис. 5, фиг. 5), эмаль дифференцирована, входящие складки заполнены цементом. Передняя непарная петля на ml крупная, шлемовидной формы. На m3 первая и вторая пара треугольных петель широко слиты, наружные входящие складки глубокие, внутренние мелкие, заполнены цементом. M3 имеет по три наружные и внутренние входящие складки, заполненные цементом. Он состоит из непарных передней и задней петель и трех средних, полностью отделенных друг от друга. Задняя петля этого зуба сравнительно длинная, но короче, чем у современного вида, она широкая (рис. 5, фиг. 4). Описываемая форма отличается от современного вида менее глубокой входящей складкой на задней петле M3, что является архаичным признаком и более массивным антероконидом первого нижнего коренного зуба (ml).

Таблица 12 - **Промеры зубов *Alexandromys fortis* Buchner**

Table 12 - **Measurements of *Alexandromys fortis* Buchner teeth**

№	Промеры	в мм.
1.	Альвеолярная длина ml-m3	7.25
2.	Коронарная длина m1-m3	6.1; 6.9
3.	Коронарная длина ml-m2	5.0
4.	Коронарная длина m2-m3	3.6; 3.7
5.	Длина/ширина m1	3.2/1.35; 3.25/1.25
6.	Длина/ширина m2	1.8/1.1; 1.85/1.1
7.	Длина/ширина m3	1.75/0.75; 1.75/0.9
8.	Длина/ширина M3	2.4/2.15

В ископаемом состоянии восточная полевка известна из многочисленных местонахождений плейстоценового и голоценового времени Забайкалья [6], из археологических стоянок региона [16], а также из плейстоцен-голоценовых отложений Северного Китая [12]. Описываемая форма найдена в пределах современного ареала.

Alexandromys maximowiczii Schranck, 1859 - полевка Максимовича

***Материа**л*. Фрагмент левой нижнечелюстной кости с m1-m2, изолированные зубы: по одному левому и правому M2 (табл.13).

Описание. Полевка крупных размеров. На нижней челюсти ментальное отверстие расположено под m1 перед массетерной площадкой, которая имеет в передней части заметное углубление, развитое сильнее, чем у восточной полевки. Зубы характерного для современной формы строения и размеры их находятся в пределах изменчивости зубов рецентного вида. На ml и m2 все петли разъединены полностью, входящие складки с обильным цементом (рис. 5, фиг. 3). Зубы при одинаковой длине с одноименным зубом восточной полевки несколько уже и треугольные петли их расположены симметрично, а у восточной полевки наружные петли шире внутренних.

Ископаемые остатки этого вида, позднеплейстоцен-голоценового времени известны в Западном Забайкалье в пределах современного ареала [6].

Таблица 13 - **Промеры нижнечелюстной кости, верхних и нижних зубов *Alexandromys maximowiczii* Schranck**
Table 13 - **Measurements of the mandibular bone, upper and lower teeth of *Alexandromys maximowiczii* Schranck**

№	Промеры	в мм.
1.	Коронарная длина m1-m2	4.85
2.	Длина/ширина m1	3.05/1.1
3.	Длина/ширина m2	1.75/1.0
4.	Длина/ширина M2	1.85/1.15; 1.85/1.1
5.	Диастема	4.0
6.	Высота челюсти у m1	4.8

Alexandromys cf. *mongolicus* Radde, 1861 - монгольская полевка

Материал. Один фрагмент черепа с Ml-M3 и M2-M3, четыре левые нижнечелюстные ветви с разным числом зубов. Размеры см. таблицу 14.

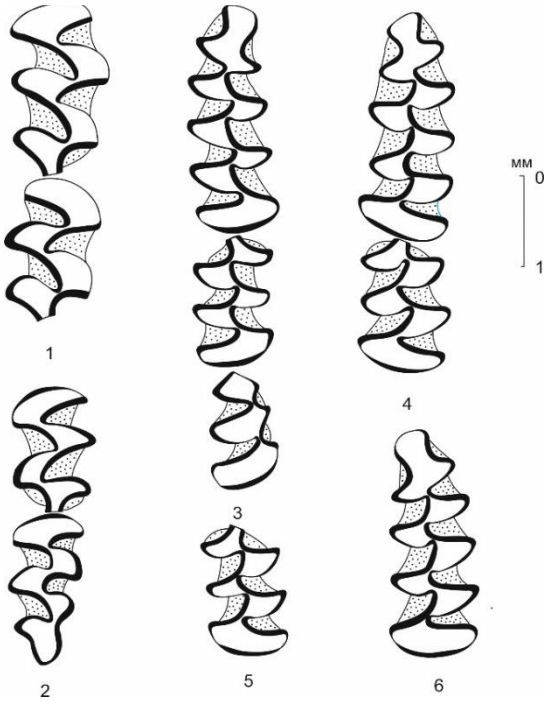

Рисунок 6 - ***Alexandromys mongolicus* Radde: фиг. 1 - M1-M2; фиг. 2 - M2-M3; фиг. 3 - m1-m3; фиг. 4 - m1-m2; фиг. 5 - m2; фиг. 6 - m1**
Figure 6 - ***Alexandromys mongolicus* Radde: spec. 1 - M1-M2; spec. 2 - M2-M3; spec. 3 - m1-m3; spec. 4 - m1-m2; spec. 5 - m2; spec. 6 - m1**

Описание. Полевка мелких размеров, вариации в строении зубов в пределах изменчивости современного вида. На всех зубах, верхних и нижних, треугольные петли расположены симметрично, все они разъединены, на m3 петли асиметричны, первые две пары его треугольных петель слиты широко. ml и m2 сравнительно узкие, входящие складки их заполнены цементом (рис. 6, фиг. 3-6). На M3, состоящем из 5 петель, задний полностью отделен от предыдущего (рис. 6, фиг. 1, 2), в то время как на этом зубе узкочерепной полевки 4 и 5 петли имеют небольшое слияние.

Ископаемые остатки полевки, близкой к монгольской, встречены в отложениях конца среднего плейстоцена Западного Забайкалья (Ербаева, 1970). В прошлом граница ареала этого вида проходила значительно

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

севернее современных пределов. В Монголии она найдена в предгорьях Большого Хингана, Хэнтэя и Восточного Прикосоголья [2].

Таблица 14 - **Промеры верхнечелюстной и нижнечелюстной костей, верхних и нижних зубов *Alexandromys mongolicus* Radde**

Table 14 - **Measurements of the maxillary and mandibular bones, upper and lower teeth of *Alexandromys mongolicus* Radde**

№	Промеры	n	x	lim
1.	Альвеолярная длина Ml-M3	1		5.6
2.	Коронарная длина Ml-M3	1		3.6
3.	Коронарная длина M2-M3	1		3.3
4.	Длина/ширина M1	1		2.0/1.1
5.	Длина M2	2		1.6; 1.6
6.	Ширина M2	2		0.9; 0.95
7.	Длина/ширина M3	1		1.7/0.85
8.	Диастема	1		6.4
9.	Альвеолярная длина ml-m3	1		5.75
10.	Коронарная длина m1-m3	1		5.25 -
11.	Коронарная длина m1-m2	4	4.1	4.0- 4.15
12.	Длина ml	4	2.6	2.4 - 2.7
13.	Ширина ml	4	0.91	0.9; 0.9; 0.95
14.	Длина m2	4	1.51	1.5 - 1.55
15.	Ширина m2	4	0.9	0.85 - 0.95
16.	Длина/ширина m3	1		1.25/0.7
17.	Диастема	1		3.0
18.	Высота челюсти у ml	2		3.4; 3.4
19.	Ширина резца	2		0.75; 0.75

Заключение. Как было отмечено выше, по видовому составу млекопитающих фауна представлена современными формами, слагающими фауну Восточного Забайкалья. Из крупных млекопитающих встречены мелкие хищники - степной хорёк и азиатский барсук, обитающие в регионе и в современную эпоху, а также верблюд. Современный ареал дикого верблюда ограничен небольшим участком, пограничным с Китаем, южным регионом Монголии [2]. Несмотря на то, что многие мелкие млекопитающие по эволюционному уровню видов близки к современным, в целом, фауна несколько отличается от современной по экологическому облику, так как содержит в своем составе элементы бореальных фаун, таких как бурундук, крыса, узкочерепная полевка, а также полевка Максимовича. Судя по господствующим здесь, в окрестностях местонахождения "Ножий", современным открытым сухим степным пространствам, упомянутые виды, обитание их в облесенных местах маловероятно. Во время маршрутных экскурсий также не обнаружено никаких следов существования мелких млекопитающих, таких как суслик, даурская пищуха, сурок, норы которых обычно видны визуально. Возможно, это связано с тем, что во многих местах под почвенно растительным слоем залегают коренные породы, сложенные сланцами, и практически нет благоприятных мест обитания для зверьков в современную эпоху. Леса, где могут обитать бурундуки, удалены от данного местонахождения на расстоянии многих десятков километров и, возможно, в прошлом отдельные островки лесов встречались здесь. Стации обитания

полевки Максимовича приурочены к облесенным районам, встречены они в широколиственно-хвойных лесах и в сырых кустарниковых зарослях тальника в Амурской области. В Читинской области их находили в заболоченных березняках долины рек [3]. В Западном Забайкалье этот влаголюбивый грызун широко распространён по луговым и закустаренным биотопам в лесостепной зоне, граничащей с тайгой в Забайкалье, Приамурье и Хэнтейском нагорье. В долине Селенги населяет заросли ив, злаковые кочковатые луга [11]. Влажные луга, места близ водоемов являются излюбленными биотопами полевки-экономки и восточной полевки. Излюбленными местами обитания монгольской полёвки (*Alexandromys mongolicus*) являются пойменные биотопы и участки лугов с густым разнотравьем. Обитает этот вид в лесостепях и степях юассейна реки Амур, Витима в Забайкалье, в Предбайкалье установлена она на острове Ольхон [10, 11]. Узкочерепная полевка в лесной зоне, в поясе горных лесов и в степных районах придерживается луговых местообитаний, наибольшей численности они достигают в злаково-разнотравных степях и пойменных лугах. Заяц близкий толаю, даурская пищуха, забайкальский сурок, даурский суслик являются характерными обитателями сухих разнотравных степей, даурский хомячок населяет открытые степные и луговые участки, монгольская полевка селится по берегам водоемов. В сухих степях последняя форма встречается редко, придерживаясь здесь лугов и оврагов. Тушканчик - характерный представитель полупустынных и сухих степных ландшафтов. В целом, в фауне преобладают представители открытых местообитаний, встречаются лесные элементы, виды влажных биотопов и представитель полупустынной фауны. Все это свидетельствует о мозаичности ландшафтов прошлого. Возможно, существовали небольшие лесные массивы, луга, сухие степные пространства и кустарниковые заросли с влажной травянистой растительностью по берегам озер. В составе фауны мелких млекопитающих встречаются современные виды, становление которых в процессе эволюции произошло в конце среднего - в начале позднего плейстоцена. Как было отмечено выше, при морфологических описаниях, ряд видов обладает архаичными признаками, что несколько отличает таксоны из местонахождения "Ножий" от видов современной фауны Восточного Забайкалья.

Благодарности и финансирование. Авторы выражают искреннюю благодарность В.В. Карасёву и С.А. Решетовой за совместные полевые работы по сбору материала и за обсуждение результатов исследования местонахождения "Ножий". Работа выполнена в соответствии с государственными заданиями Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (проект № 126020216348-5).

Список литературы

1. Агаджанян, А.К. Комплексные биостратиграфические исследования новейших отложений / А.К. Агаджанян – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2008. - 61 с.

2. Банников, А.Г. 1954. Млекопитающие Монгольской Народной Республики. / А.Г. Банников//Труды Монгольской Комиссии//М.: Изд-во АН СССР, 1954. - Вып. 53. - 669с.

3. Баженов, Ю.А. Млекопитающие Восточного Забайкалья (фауна, население, экологический анализ сообществ)/ Ю.А. Баженов: Автореф. дис… на соиск. уч. степени к.б.н. - Новосибирск: ИСиЭЖ СО РАН,2012. - 22 с.

4. Громов, И.М. Некоторые итоги и перспективы изучения ископаемых четвертичных грызунов СССР/ И.М. Громов// Труды ЗИН. Матер. по истории фауны четвертичного периода (антропогена) СССР. И.И. Ред. Соколов// М.- Л.: Изд-во АН СССР, 1957. -Т. 22. - С. 90-99.

5. Громов, И.М. Ископаемые верхнечетвертичные грызуны Предгорного Крыма / И.М. Громов// Труды Комиссии по изучению Четвертичного периода АН СССР. - 1961. – Т. 17. - 190 с.

2026; 5 (136): 106-124 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

6. Ербаева, М.А. История антропогеновой фауны зайцеобразных и грызунов Селенгинского Среднегорья/ М.А. Ербаева - М.: Наука, 1970. - 132с.

7. Ербаева, М.А., Первая находка фауны мелких млекопитающих позднего кайнозоя на юге Восточного Забайкалья / М.А. Ербаева, Ф.И. Хензыхенова, Н.В. Алексеева // Геология и Геофизика. - 1997. Т. 38. - № 9. - С.1453-1457.

8. Ербаева, М.А., Плейстоцен-голоценовый ареал редких видов мелких млекопитающих Западного Забайкалья / М.А. Ербаева, Н.В. Алексеева // В сб. Редкие виды млекопитающих России и сопредельных территорий// М.: МГУ, 1999. - С.98-106.

9. Ербаева, М.А. 2025. Местонахождение Ножий из Восточного Забайкалья: геология и палеонтология / М.А. Ербаева, С.С. Решетова, В.В. Карасёв, Н.В. Алексеева // Геология и Геофизика. – 2025. – Т. 66. - № 8. - С.976-984.

10. Павлинов, И.Я. Отряд грызуны // Млекопитающие России: систематико-географический справочник/ И.Я. Павлинов, Л.А. Хляп // Сб. трудов Зоол. музея МГУ / Под ред. И.Я. Павлинова, А.А. Лисовского // М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. - Т. 52. - С. 142-312.

11. Швецов, Ю.Г. Млекопитающие бассейна озера Байкал /Ю.Г. Швецов, М.Н. Смирнов, Г.И. Монахов - Новосибирск: Наука, 1984. - 258 с.

12. Boule, M., Teilhard, de Chardin P. Le Paleolitique de la Chine (Plaeontologie). - Archives de l'Institut de Paleontologia Humaine (Paris) // 1928. - Мет. 4. - Pp.95-99.

13. Gibbard, P.L., Head, M.J. Chapter 30. The Quaternary Period // Geologic time Scale, 2020. Eds. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M., Ogg G. Elsevier, p. 1217-1257.

14. Erbajeva, M.A. Late Pliocene ltantsinian faunas in Westem Transbaikalia. The Dawn ofthe Quaternary. Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowettenshappen TNO, 1998. - Nr 60. - Pp.417-430.

15. Erbajeva, M.A. et al. The Pliocene and Pleistocene small mammals of Eastern Transbaikalia. Bolletino della Soc. Paleont. Italiana. - 2001. - Vol. 40. - Nr 2. Modena, Giugno. - Pp. 175-178.

16. Khenzykhenova, F.I., Alexeeva N.V. Late Pleistocene and Early Holocene faunas in the Baikal area. Zooarchaeology of the Pleistocene/Holocene Boundary. Proceed. Symposium held at 8^{111} ICAZ. BAR International Series 800. - 1999.- Pp.1-7.

References

1. Aghajanyan, A.K. Complex biostratigraphic studies of recent deposits. Novosibirsk, NSU Publishing House, 2008, 61 p.

2. Bannikov, A.G. Mammals of the Mongolian People's Republic. Proceedings of the Mongolian Commission. Moscow. Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1954, no.53, 669 p.

3. Bazhenov, Yu.A. Mammals of Eastern Transbaikalia (fauna, population, ecological analysis of communities). Cand. Thesis Sc., Novosibirsk, ISiEH SB RAS, 2012, 22 p.

4. Gromov, I.M. Some results and prospects of studying fossil Quaternary rodents of the USSR. The works of ZIN. Materials on the history of the fauna of the Quaternary period (anthropogenic) of the USSR. Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957, vol. 22, pp. 90-99.

5. Gromov, I.M. Fossil Upper quaternary rodents of the Foothill Crimea. Proceedings of the Commission for the Study of The Quaternary Period of the USSR Academy of Sciences, 1961, vol. 17, 190 p.

6. Erbaeva, M.A. The history of the anthropogenic fauna of hares and rodents of the Selenga Middle Mountains. Moscow, Nauka, 1970, 132 p.

7. Erbaeva, M.A. et al. The first discovery of the fauna of small mammals of the Late Cenozoic in the south of Eastern Transbaikalia. Geology and Geophysics, 1997, vol. 38, no. 9, pp.1453-1457.

8. Erbaeva, M.A., Alekseeva, N.V. 1999. Pleistocene-Holocene range of rare small mammal species in Western Transbaikalia. In collection of Rare mammalian speciesrussia and adjacent territories. Moscow:MSU, 1999, pp.98-106.

9. Erbaeva, M.A. et al. The location of Knives from Eastern Transbaikalia: geology and paleontology. Geology and Geophysics, 2025, vol. 66, no. 8, pp.976-984.

10. Pavlinov, I.Ya., Khlyap, L.A. Order rodents. Mammals of Russia: a systematic

geographical reference book. Collection of works of the Zoological Museum of Moscow State University. Moscow: Association of Scientific Publications of the KMC, 2012, vol. 52, pp. 142-312.

11. Shvetsov, Yu.G. et al. Mammals of Lake Baikal basin. Novosibirsk, Nauka, 1984, 258 p.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:12.09.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:26.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Алексеева Надежда Владиславовна – кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геологии кайнозоя, Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН. Область интересов – палеонтология и биохронология мелких млекопитающих, палеогеография и биостратиграфия позднего кайнозоя Байкальского региона. Автор и соавтор более 50 научных публикаций.
Контактная информация: Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Россия, Улан-Удэ, 670047, ул. Сахьяновой 6а, e-mail: ochotona@mail.ru.

Ербаева Маргарита Александровна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории геологии кайнозоя, Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН. Область интересов – фауна, систематика, палеоэкология мелких млекопитающих, биостратиграфия позднего кайнозоя Байкальского региона. Фауна и систематика зайцеобразных олигоцен-миоцен-плиоцена Центральной Азии и Зайсанской впадины Казахстана. Автор и соавтор более 200 научных публикаций, в т. ч.8 монографий.
Контактная информация: Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Россия, Улан-Удэ, 670047, ул. Сахьяновой 6а, e-mail: sinolag@mail.ru.

Information about authors:

Nadezhda V. Alekseeva– Candidate of Geographical Sciences, Researcher at the Laboratory of Cenozoic Dobretsov Geological Institute SB RAS. Research area – Paleontology and biochronology of small mammals; paleogeography and biostratigraphy of the Late Cenozoic Baikal region. Author and co-author of more than 50 scientific publications.
Contact information: Dobretsov Geological Institute SB RAS. 6a, Sakhyanovoy str., Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia, 670047, e-mail: ochotona@mail.ru.

Margarita A. Erbaeva– Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Laboratory of Cenozoic Geology, Geological Institute SB RAS. Research area – Fauna, systematics, and paleoecology of small mammals; biostratigraphy of the Late Cenozoic of the Baikal region. Fauna and systematics of hares from the Oligocene–Miocene–Pliocene of Central Asia and the Zaisan Depression of Kazakhstan. Author and co-author of more than 200 scientific publications, including 8 monographs.
Contact information: Dobretsov Geological Institute SB RAS. 6a, Sakhyanovoy str., Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia, 670047, e-mail: sinolag@mail.ru.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”
2026; 5 (136): 125-136
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–125–136

УДК 597.2/5:627.81(571.55)

Научная статья

ИХТИОФАУНА ВОДОЕМОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Н.Б. Ильенко, А.А. Мартемьянова

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

Аннотация. В работе проведен анализ видового состава ихтиофауны водоемов Забайкальского края (промысловые, редкие и охраняемые, интродуцированные и др. виды), выявлены основные направления сохранения видового разнообразия рыб региона. Основными материалами послужили различные виды источников: литературные источники, в которых изложены теоретические и методические подходы исследований в области ихтиологии, систематики, рыбного хозяйства, природопользования, природоохранной тематики, научные публикации, посвященные изучению разнообразия ихтиофауны водоемов Забайкальского края и воздействию на них антропогенных факторов, нормативно-правовые документы в области использования и охраны охотничьих угодий на территории Забайкальского края, сведения Министерства природных ресурсов Забайкальского края. Фауна рыб Забайкалья состоит из трех биогеографических ихтиокомплексов, которые приурочены к четырем бассейнам: Амурскому, Ленскому, Байкальскому, Бессточному. В реках и озерах Забайкалья обитает 78 видов и подвидов, относящихся к 7 отрядам, 5 подотрядам, 15 семействам и 49 родам, 22 таксона – эндемиками. Такое видовое разнообразие составляет 30 % всей ихтиофауны России. Основное видовое разнообразие сосредоточено в водоемах Амурского бассейна, к нему приурочено 67 % всей ихтиофауны Забайкалья. Самым обедненным в видовом отношении является бессточный район. В нем фауна рыб представлена всего 3 - 6 видами. Многие виды рыб в настоящее время перешли из разряда часто встречающихся в состав редких, вследствие чего 5 видов забайкальской ихтиофауны помещены в Красную книгу РФ, и 9 видов и подвидов включены в Региональные Красные книги. Для сохранения видового разнообразия и устойчивого развития фауны рыб Забайкалья необходимо применять метод планирования использования водоемов. Также для сохранения редких, исчезающих и эндемичных видов необходимо создавать особо охраняемые природные территории, резерваты («участки покоя») с минимальным антропогенным прессом.
Ключевые слова: ихтиофауна, рыболовство, промысловые, редкие и охраняемые, интродуцированные виды рыб.

Для цитирования: Ильенко Н.Б., Мартемьянова А.А. Ихтиофауна водоемов Забайкальского края. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 125–136. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–125–136.

2026; 5 (136): 125-136 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

ICHTHYOFAUNA OF RESERVOIRS ON THE TRANS-BAIKAL TERRITORY

Natalia B. Ilyenko, Anna A. Martemyanova

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

Abstract. The paper analyzes the species composition of the ichthyofauna of reservoirs on the Trans-Baikal territory (including commercial, rare, protected, and introduced species) and identifies the main directions for preserving the region's fish diversity. The primary materials used were various types of sources: literary sources outlining theoretical and methodological approaches to research in the fields of ichthyology, taxonomy, fisheries, nature management, and environmental issues; scientific publications devoted to studying the diversity of reservoir ichthyofauna on the Trans-Baikal territory and the impact of anthropogenic factors on them; regulatory documents regarding the use and protection of hunting grounds on the Trans-Baikal territory; and information from the Ministry of Natural Resources of the Trans-Baikal territory. The fish fauna of the Trans-Baikal territory consists of three biogeographic ichthyocomplexes confined to four basins: Amur, Lena, Baikal, and Besstochny. The rivers and lakes of the Trans-Baikal territory are home to 78 species and subspecies belonging to seven orders, five suborders, 15 families, and 49 genera; 22 taxa are endemic. This species diversity accounts for 30% of Russia's total ichthyofauna. The main species diversity is concentrated in the reservoirs of the Amur basin, which accounts for 67% of the Trans-Baikal territory's total ichthyofauna. Drainless areas are the most impoverished in terms of species; in these areas, the fish fauna is represented by only three to six species. Many fish species have moved from common to rare categories as a result of environmental changes; consequently, five species of the Trans-Baikal ichthyofauna are listed in the Red Data Book of the Russian Federation, and nine species and subspecies are included in regional Red Data Books. To preserve species diversity and ensure the sustainable development of fish fauna on the Trans-Baikal territory, it is necessary to apply methods for planning reservoir use. Furthermore, to protect rare, endangered, and endemic species, it is essential to create specially protected natural territories and reserves with minimal anthropogenic pressure.
Keywords: ichthyofauna, fishing, commercial, rare and protected, introduced fish species.

For citation: Ilyenko N.B, Martemyanova A.A. Ichthyofauna of reservoirs on the Trans-Baikal territory. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA".* 2026; 5 (136): 125–136. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–125–136.

Введение. Рыбный промысел – традиционный вид природопользования в Забайкалье. Народы, населявшие территорию, занимались рыболовством с древнейших времен. До сих пор реки и озера служат надежным источником качественной рыбной продукции, а ее коммерческая реализация приносит дополнительные доходы. В связи с этим исследования биоразнообразия ихтиофауны региона, а также проблемы оптимизации использования рыбных ресурсов Забайкалья являются актуальными.

Цель – изучить современное состояние ихтиофауны основных водоемов Забайкальского края.

Задачи:

- определить видовой состав рыб (промысловые, редкие и охраняемые, интродуцированные и др. виды);
- представить биогеографическую характеристику ихтиофауны;
- выявить основные направления сохранения видового разнообразия

рыб региона.

Материал и методики. Основными материалами послужили различные виды источников, в которых изложены теоретические и методические подходы в области ихтиологии, систематики, рыбного хозяйства, природопользования, природоохранной тематики, а также нормативные и правовые документы по Забайкальскому краю [1-25].

Результаты и обсуждение. Забайкальский край расположен в юго-восточной части Российской Федерации, на юге Восточной Сибири - на стыке таежных пространств Восточной Сибири и степей Монголии (рисунок 1).



Рисунок 1 – **Географическое расположения Забайкальского края на территории РФ**

Figure 1 – **Geographical location of the Trans-Baikal Territory on the territory of the Russian Federation**

На территории края находятся верховые истоки главнейших водных артерий Сибири, Дальнего Востока и Центральной Азии. Это истоки Амура, Лены, Енисея. Важнейшая особенность западной части края - принадлежность ее к бассейну оз. Байкал. Около 55% территории Забайкальского края относится к Амурскому, 30.4% Ленскому и 13.3% Енисейскому бассейнам. В пределах Амурского бассейна находится небольшой по площади бессточный бассейн Торейских озер. Бессточные районы юга края занимают 1.4% территории (рис. 2).

2026; 5 (136): 125-136 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

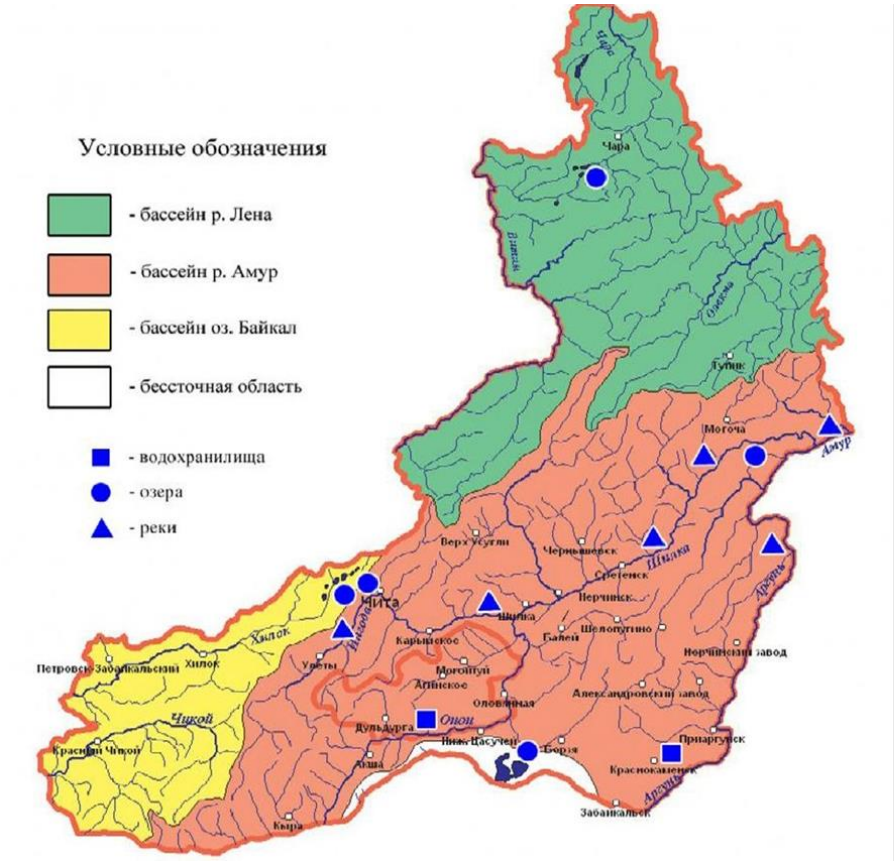

Рисунок 2 – **Водные бассейны Забайкальского края**

Figure 2 – **Water basins of Trans-Baikal Territory**

В Забайкальском крае рыбные ресурсы сосредоточены в основном в озерах и реках. Для водных объектов Забайкальского края рыбообразных и рыб отмечается 69 таксонов видового и подвидового рангов, относящихся к 2 классам, 7 отрядам, 5 подотрядам, 15 семействам и 44 родам, что составляет более 30 % всей ихтиофауны России. Наиболее разнообразно представлено семейство Карповых, включающее 29 видов рыб. Интродуцированными видами рыб являются байкальский омуль, лещ, толстолобик, амурские сом и сазан.

Особое значение в обеспечении биоразнообразия ихтиофауны региона, имеют водные объекты амурского бассейна. Основу видового разнообразия (58,3%) составляют рыбы (большинство эндемичные) из семейства карповые, которые в основном формируют облик амурской ихтиофауны. В других семействах встречается не более 1-3 представителей видовых таксонов (таблица 1).

Систематический состав ихтиофауны водных объектов Байкальского (23 таксона) и Ленского бассейнов (29) уступает таковому амурского бассейна.

Всех рыб по особенностям образа жизни и распределения в водных объектах можно отнести к 5 группам, они делятся на реофилов, лимнофилов, эвритопов, рео-лимнофилов и лимно-реофилов (табл. 2).

Таблица 1 – **Ранжирование семейств по числу видов фауны рыб Забайкалья по водным бассейнам [21]**

Table 1 – **Ranking of families by the number of species of fauna of fish of Trans-Baikal Territory by water basins [19]**

№ п/п	Семейство	Бассейн							
		Байкальский		Ленский		Амурский		Бессточный	
		Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
1	Миноговые (Petrotyzontidae)	-	-	1	3.4	1	2.1	-	-
2	Осетровые (Acipenseridae)	1	4.3	1	3.4	2	4.2	-	-
3	Лососевые (Salmonidae)	2	8.7	3	10.3	2	4.2	-	-
4	Сиговые (Coregonidae)	1	4.3	4	14.0	1	2.1	-	-
5	Хариусовые (Thymallidae)	2	8.7	1	3.4	2	2.1	-	-
6	Щуковые (Esocidae)	1	4.3	1	3.4	1	2.1	-	-
7	Карповые (Cyprinidae)	10	43.5	11	37.9	27	58.3	3	50.0
8	Балиторовые (Balitoridae)	1	4.3	1	3.4	2	4.2	1	17.0
9	Вьюновые (Cobitidae)	1	4.3	1	3.4	3	6.3	2	33.0
10	Сомовые (Siluridae)	1	4.3	-	-	1	2.1	-	-
11	Косатковые (Bagridae)	-	-	-	-	3	6.3	-	-
12	Налимовые (Lotidae)	1	4.3	1	3.4	1	2.1	-	-
13	Окуневые (Percidae)	1	4.3	2	7.0	1	2.1	-	-
14	Головешковые (Eleotrididae)	-	-	-	-	1	2.1	-	-
15	Керчаковые, рогатковые (Cottidae)	1	4.3	2	7.0	2	4.2	-	-
Всего		23	100	29	100	50	100	6	100

Таблица 2 - **Количество и доля видов с разным образом жизни и распределения в водных объектах в различных бассейнах на территории Забайкальского края [21]**

Table 2 - **The number and proportion of species with different lifestyles and distributions in water bodies in various basins on Trans-Baikal Territory [19]**

№ п/п	Образ жизни и распределение в водном объекте	Бассейн							
		Байкальский		Ленский		Амурский		Бессточный	
		Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
1	Реофилы	1	4.3	3	10.4	11	22.0	-	-
2	Лимнофилы	7	30.4	7	24.1	8	16.0	3	50,0
3	Эвритопы	6	26.1	5	17.3	11	22.0	3	50,0
4	Рео-лимнофилы	4	17.5	7	24.1	7	14.0	-	-
5	Лимно-реофилы	5	21.7	7	24.1	13	26.0	-	-
Всего		23	100	29	100	50	100	6	100

По характеру питания все виды, обитающие в водных объектах различных бассейнов, относятся к 4 группам: планктофаги, бентофаги, хищники и эврифаги (табл. 3).

Таблица 3 - **Количество и доля (%) видов с разным характером питания в различных бассейнах на территории Забайкальского края [21]**

Table 3 - **Number and proportion (%) of species with different feeding patterns in different basins on Trans-Baikal Territory [19]**

№ п/п	Характер питания	Бассейн							
		Байкальский		Ленский		Амурский		Бессточный	
		Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
1	Планктофаги	-	-	2	6.9	6	12.0	-	-
2	Бентофаги	10	43.5	13	44.9	31	62.0	4	66,7
3	Эврифаги	10	43.5	11	37.9	7	14.0	2	33,3
4	Хищники	3	13.0	3	10.3	6	12.0	-	-
Всего		23	100	29	100	50	100	6	100

Самую большую группу – 43.5 – 66.7% во всех бассейнах составляют бентофаги.

Рыбохозяйственный фонд и промысловые виды. В водоёмах Забайкальского края обитают промысловые виды рыб, которые встречаются в реках, озёрах и водохранилищах. Выделяются три промысловых района: - северный (озёра и реки Куандо-Чарского водораздела), основными объектами промысла являются хариус, ленок, валёк, сиг; - центральный (Ивано-Арахлейские озёра и др.)- окунь, плотва, карась, щука; - южный (пойменные озёра реки Онон, Торейские озёра, реки Аргунь, Онон, Шилка) - карась, чебак и в меньшей степени - сазан. Также в водоёмах Забайкальского края обитают и другие виды рыб, например: толстолобик, змееголов, сиг, верхогляд, желтощёк, таймень.

Объекты спортивного и любительского рыболовства. Спортивное и любительское рыболовство в Забайкалье осуществляется с соблюдением "Правил рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна", утверждённых приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 24.04.2020 № 226 (ред. от 06.11.2025). В связи с нерестом и сезонными миграциями рыб в соответствии с Правилами рыболовства существуют временные периоды (сроки), в которые любительское рыболовство разрешено только с применением удочек всех систем и наименований (поплавочных, донных, проводковых, с использованием гаммаруса (бормаша) в качестве наживки (приманки), спиннингов), не более одной удочки у гражданина с количеством крючков (одинарного, двойника либо тройника) не более 2 штук, с берега без использования плавучих средств, а также с ледового покрова водного объекта рыбохозяйственного значения (табл. 4).

Ценных видов рыб, разрешённых к вылову в целях любительского рыболовства, на территории Забайкальского края нет. В целях любительского рыболовства разрешена добыча (вылов) всех видов ВБР, за исключением: осетровых видов рыб; тайменя; ленка в реках Хилок, Чикой и их притоках; гольца арктического.

Таблица 4 – **Запретные периоды на любительское рыболовство в Забайкальском крае из-за нереста и сезонных миграций рыб [1]**
Table 4 – **Prohibition periods for amateur fishing on Trans-Baikal Territory due to spawning and seasonal migration of fish [28]**

Пункт Правил рыболовства	Водные объекты	Временные сроки ограничений
17.1.19.	В реках Хилок, Чикой и их притоках	с 20 апреля по 30 июня и с 15 сентября по 31 октября
7.1.22.	В реках Аргунь, Онон и их притоках	с 10 апреля по 31 мая
17.1.23	В пойменных озерах и протоках рек Аргунь и Онон	с 10 апреля по 30 июня
17.1.24.	В реках Чара, Витим, Олёкма и их притоках	с 1 мая по 30 июня и с 1 сентября по 15 октября
17.1.25.	В пойменных озерах рек Чара, Витим, Олёкма	с 20 мая по 30 июня
17.1.26.	В реках Ингода, Шилка, их притоках и пойменных озерах, в озерах Ивано-Арахлейской группы и их притоках, а также озерах бассейна реки Амур	с 20 апреля по 20 июня
17.1.27	В озерах Большое Леприндо, Малое Леприндо, Ничатка, Амудисы бассейна реки Чина	с 15 мая по 30 июня и с 1 сентября по 31 октября

В Забайкальском крае для организации спортивного рыболовства разрешены некоторые водные объекты рыбохозяйственного значения - озёра Ехэ Цаган-Нор, Зун-Соктуй, Кункур, Малый Цаган-Нор (Агинский район); - озёра Барун-Торей, Зун-Торей, Цаган-Нор (Ононский район); - озёра Арейское, Аблатукан, Большое, Доронинское, Николаевское, Салия, Санга, Танга (Улетовский район); - озёра Арахлей, Большой Ундугун, Иван, Иргень, Кенон, Кергенду, Малый Ундугун, Новотроицкое, Сохондинское, Тасей (Читинский район).

Перечень рыбопромысловых участков для организации спортивного рыболовства в Забайкальском крае утверждён постановлением Правительства Забайкальского края.

Интродуцированные виды рыб. В водоёмах Забайкальского края встречаются интродуцированные виды рыб, которые можно разделить на две группы: виды, расширившие свой ареал за счёт осознанного вмешательства человека и виды, расширившие свой ареал самостоятельно или при внеплановом воздействии на этот процесс человека. При этом интродуцированные виды могут негативно влиять на коренную ихтиофауну водоёмов — конкурировать в питании с местными видами, перестраивать трофические цепи, упрощать структуру сообществ. В водоемах Забайкалья они часто выступают в роли биологических загрязнителей.

С целью улучшения качественного состава ихтиофауны и повышения рыбопродуктивности на водоемах Забайкалья, начиная с 20-х годов прошлого столетия, проводились работы по интродукции различных видов рыб: окуня, амурского сазана, амурского сома, леща, рипуса, пеляди, белого и пестрого толстолобиков и пр. Эти работы проводились на основных рыбохозяйственных озерах (Баунтовских, Еравно-Харгинских, Ивано-Арахлейских, Гусино-Убукунских, Котокель). Некоторые виды рыб, встречаемые в настоящее время в различных водоемах Забайкальского края, расширили свой ареал в результате самостоятельного расселения вида, возникшего в результате связанного с преодолением границ нативного (естественного) ареала или при внеплановом воздействии на этот процесс

человека (табл. 5).

Таблица 5 - **Чужеродные виды в водоемах Забайкальского края [6]**
Table 5 - **Alien species in the reservoirs of Trans-Baikal Territory [3]**

Вид	Экологическая характеристика вида	Регион реципиент	Способ вселения	Год заноса или обнаружения
Ротан (лат. *Perccottus glenii*)	Хищник	Бассейн р. Аргунь, р. Ульдурга, р. Унда, Краснокаменское водохр.	Саморасселение	1996 г.
Трегубка (лат. *Opsariichthys uncirostris*)	Хищник	Бассейн р. Онон, р. Унда, Харанорское водохр.	Саморасселение	1996 г.
Окунь (лат. *Perca fluviatilis*)	Эврифаг, факультативный хищник	Оз. Кенон, р. Шилка, устье р. Ага, р. Онон, р. Ингода	Интродукция Самораселение	1919 г., 2006 г.
Пескарь-лень (лат. *Sarcocheilichthys sinensis*)	Бентофаг	Бассейн р. Онон, р. Ингода, р. Читинка	Саморасселение	1970 г., 1987

К непреднамеренным интродуцированным видам можно отнести расширение ареала трегубки, окуня, ханкинского и маньчжурского пескарей (рис. 4), пескаря-леня, ротана-головёшки.



Рисунок 4 – **Ханкинский пескарь Краснокаменского водохранилища (фото Горлачева Е.П.) [12]**
Figure 4 – **The Khankinsky minnow of the Krasnokamensk reservoir (photo by E.P. Gorlachev) [9]**

Краснокнижные виды рыб. В настоящее время резко сократилась и упала до критических величин численность осетровых, редкими стали виды с ограниченным ареалом распространения, в угнетенном состоянии находятся многие эндемичные виды. Наибольшее количество эндемиков

обнаружено в водотоках Амурского бассейна [10].

Осетровые, лососевые, сиговые и эндемичные виды Забайкальского края в числе первых реагируют на изменения среды обитания и качество вод.

Весь комплекс отрицательного воздействия на территории Забайкальского края привел к тому, что из 68 видов, которые составляют более 15% пресноводной фауны рыб России, 7 – в Красную книгу Забайкальского края [15] (табл. 6) [10].

Таблица 6 - **Список краснокнижных видов рыб Забайкальского края [10]**
Table 6 - **List of Red Book fish species of Trans-Baikal Territory [10]**

Виды	Статус	Наличие в списках Красных книг более высокого ранга
Байкальский осетр	I	Россия, МСОП, Бурятия, Забайкальский край
Амурский осетр	I	Россия, МСОП, Забайкальский край
Восточносибирский осетр	I	Россия, МСОП, Забайкальский край
Калуга	I	Россия, МСОП, Забайкальский край
Таймень	I	Россия, МСОП, Бурятия, Забайкальский край
Ленок	II	Бурятия
Даватчан	II	Россия, Бурятия, Забайкальский край
Сиг-хадары	III	Забайкальский край
Белый байкальский хариус	V	Россия
Амурская широколобка	III	Забайкальского край
Арахлейская песчаная широколобка	IV	Забайкальского край

Из представителей забайкальской ихтиофауны в Красную книгу России и Забайкальского края включены: редкие виды – калуга, амурский осетр, эндемичные виды – сиг-хадары, косатки, голец даватчан.

В региональную Красную книгу Забайкальского края включены: обыкновенный таймень, белый байкальский хариус, линь и другие виды рыб [15].

Осетровые рыбы в Забайкальском крае представлены 4 видами: калугой, амурским осетром, байкальским осетром, восточносибирским.

Заключение. Фауна рыб Забайкалья состоит из трех биогеографических ихтиокомплексов, которые приурочены к четырем бассейнам: Амурскому, Ленскому, Байкальскому, Бессточному. В реках и озерах Забайкалья обитает 78 видов и подвидов, относящихся к 7 отрядам, 5 подотрядам, 15 семействам и 49 родам, 22 таксона – эндемикам. Такое видовое разнообразие составляет 30 % всей ихтиофауны России. Основное видовое разнообразие сосредоточено в водоемах Амурского бассейна, к нему приурочено 67 % всей ихтиофауны Забайкалья. Самым обедненным в видовом отношении является бессточный район. В нем фауна рыб представлена всего 3 - 6 видами. Многие виды рыб в настоящее время перешли из разряда часто встречающихся, в состав редких, вследствие чего, 5 видов забайкальской ихтиофауны помещены в Красную книгу РФ, и 9 видов и подвидов включены в Региональные Красные книги. Для сохранения видового разнообразия и устойчивого развития фауны рыб Забайкалья необходимо применять метод планирования использования водоемов. Также для сохранения редких, исчезающих и эндемичных видов необходимо создавать особо охраняемые

природные территории, резерваты ("участки покоя") с минимальным антропогенным прессом.

Список литературы

1. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 24 апреля 2020 г. № 226 "Об утверждении правил рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна" (с изменениями и дополнениями от: 22 июля 2022 г., 6 ноября 2025 г). – URL: https://base.garant.ru/74746430/

2. Постановления Правительства Забайкальского края от 28 сентября 2015 года N 478 "Об утверждении Перечня рыбопромысловых участков, расположенных на территории Забайкальского края" – URL: https://docs.cntd.ru/document/432897299?marker

3. Правила рыболовства на территории Забайкальского края – URL: https://abtur.fish.gov.ru/press/regionalnye-novosti/pravila-rybolovstva-na-territorii-zabaykalskogo-kraya/

4. Викулов, В.Е. Режим особого природопользования (на примере озера Байкал)/В.Е. Викулов - Новосибирск: Наука, 1982. -192 с.

5. Горлачев, В.П. Биологические основы выращивания пеляди в водоемах Забайкальского края / В.П. Горлачев, Е.П. Горлачева // Ученые записки Забайкальского гос. гум.-пед. ун-та им. Н.Г. Чернышевского. – 2010. – № 1(30). – С. 112-116.

6. Горлачев, В.П. Инвазии рыб Верхнеамурского бассейна / В.П. Горлачев, Е.П. Горлачева // Ученые записки Забайкальского гос. гум.-пед. ун-та им. Н.Г. Чернышевского.. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 129-141.

7. Горлачева, Е.П. Состояние и перспективы развития рыбного хозяйства Читинской области / Е.П. Горлачева, А.В.Афонин, И.Е. Михеев //Записки Заб. фил. русск. геогр. общ-ва. - 1995. - Ч. 4. - С. 905-916.

8. Горлачева, Е.П. Ихтиофауна водоемов-охладителей Забайкальского края: озеро Кенон и водоем-охладитель Харанорской ГРЭС / Е.П. Горлачева // Экосистемы. – 2019. – № 18(48). – С. 118-124.

9. Горлачева, Е.П. Питание карася серебряного в Краснокаменском водохранилище / Е.П. Горлачева // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов// Труды Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 26–28 мая 2009 года).//Пермь: Пермский гос. нац. иссл. ун-т, 2009. - Т.II. – С. 244-248.

10. Горлачева, Е.П. Редкие, эндемичные и нуждающиеся в охране рыбы Забайкальского края / Е.П. Горлачева, А.В. Афонин // Ученые записки Забайкальского гос. гум.-пед. ун-та им. Н.Г. Чернышевского. – 2009. – № 1(24). – С. 53-61.

11. Горлачева, Е.П. Фауна рыб Краснокаменского водохранилища / Е.П. Горлачева, А. В. Афонин // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов // Труды Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 26–28 мая 2009 года).//Пермь: Пермский гос. нац. иссл. ун-т, 2009. - Т.II. – С. 248-255.

12. Горлачева, Е.П. Ханкинский пескарь sgualidus chankaensis Dybowski, 1872 Краснокаменского водохранилища (Забайкальский край) / Е.П. Горлачева, В.П. Горлачев // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных иссл. – 2016. – № 10-3. – С. 422-425.

13. Карасев, Г.Л. Рыбы Забайкалья/ Г.Л. Карасев - Новосибирск: Наука, 1987. - 295 с.

14. Корытный, Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании/Л.М. Корытный - Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. - 163 с.

15. Красная книга Забайкальского края. Т."Животные" // Кемерово: ООО "Вектор-принт", 2025. – 360 с. – URL: http://inrec-sbras.ru/wp-content/uploads/2025/12/Krasnaya-kniga-ZK-2025.pdf

16. Михеев, И.Е. Антропогенная трансформация ихтиоценозов Восточного Забайкалья / И.Е. Михеев // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия// Матер. Междунар. науч. конф. //Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 555-558.

17. Михеев, И.Е. Антропогенная трансформация ихтиоценозов озерных экосистем Забайкалья / И.Е. Михеев // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество вод// Матер. II Междунар. науч. конф. (22-26 сент. 2003 г., Минск – Нарочь)// Минск:БГУ, 2003. - С. 608-611.

18. Михеев, И.Е. Охотничьи и рыбные ресурсы в зоне БАМ (Забайкальский край) / И.Е. Михеев // Междунар. науч.-иссл. журн. — 2015. — №3 (34). – 15 с.

19. Михеев, И.Е. Рыболовство промысловое / И.Е. Михеев // Энциклопедия Забайкалья: Читинская область/ - Новосибирск: Наука, 2005. - Т.III: И-Р – С. 526-527.

20. Михеев, И.Е. Специфичность биоразнообразия ихтиофауны Забайкалья / И.Е. Михеев //Проблемы образования, науки и воспитания студентов в аграрных учебных

заведениях// Матер. II Междунар. науч. конф. (24-25 ноября 2004 г.)// Чита: Изд-во ЗабГПУ, 2004. - Т.2. – С. 84-96.

21. Михеев, И.Е. Влияние зоогеографической зональности региона на специфичность разнообразия ихтиофауны / И.Е. Михеев // Изв. Самарского НЦ РАН. – 2011. – Т. 13. - № 1-5. – С. 1133-1136.

22. Михеев, И.Е. Таксономический состав ихтиофауны Забайкальского края на рубеже веков / И.Е. Михеев // Ученые записки Забайкальского гос. гум.-пед. ун-та им. Н.Г. Чернышевского. – 2011. – № 1(36). – С. 188-192.

23. Михеев, И.Е. Территориальные особенности распределения ихтиокомплексов Забайкалья и их рациональное использование: специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" И.Е. Михеев: Дис. на соиск. уч. степени к.г.н. – Чита, 2006. – 201 с.

24. Пронин, Н.М. Об экологических последствиях акклиматизационных работ в бассейне озера Байкал // Биологические ресурсы Забайкалья и их охрана. - Улан-Удэ. Бурятский филиал СО АН СССР. 1982. - С. 3-18.

25. Соколов, А.В. Структура ихтиоценозов Забайкалья, состояние рыбных запасов. Автореф. дис. На соиск. уч. Степени к.б.н. - СПб, 1995. - 24 с.

References

1. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated April 24, 2020 No. 226 "On Approval of Fishing Rules for the Baikal Fishery Basin" (with amendments and additions dated: July 22, 2022, November 6, 2025). – URL: https://base .garant.ru/74746430 /

2.Decree of the Government of the Trans-Baikal Territory dated September 28, 2015 N 478 "On approval of the List of fishing grounds located on the territory of the Trans-Baikal Territory" – URL: https://docs.cntd.ru/document/432897299 ?marker

3. Rules of fishing in the territory of the Trans-Baikal Territory – URL: https://abtur.fish.gov.ru/press/regionalnye-novosti/pravila-rybolovstva-na-territorii-zabaykalskogo-kraya/

4. Vikulov, V.E. Regime of special nature management (on the example of Lake Baikal). Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch, 1982,192 p.

5. Gorlachev, V.P., Gorlacheva, E.P. Biological bases of pelage cultivation in reservoirs of the Trans-Baikal Territory. Scientific notes of the N.G. Chernyshevsky Zabaikalsky State Humanitarian Pedagogical University, 2010, no. 1(30), pp. 112-116.

6. Gorlachev, V.P., Gorlacheva, E.P. Fish invasions of the Verkhneamursky basin. Scientific notes of the Zabaykalsky State University, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 129-141.

7. Gorlacheva, E.P. et al. The state and prospects of development of the fishing industry of the Chita region. Notes of the Phil. Russian. geographical community, 1995, Part 4, pp. 905-916.

8. Gorlacheva, E.P. Ichthyofauna of cooling reservoirs in the Trans-Baikal Territory: Lake Kenon and the cooling reservoir of the Kharanorskaya GRES. Ecosystems, 2019, no. 18(48), pp. 118-124.

9. Gorlacheva, E.P. Feeding of silver carp in Krasnokamensk reservoir. Perm: Perm State National Research University, 2009, vol. II, pp. 244-248.

10. Gorlacheva, E.P., Afonin, A.V. Rare, endemic and endangered fish of the Trans-Baikal Territory. Scientific notes of the N.G. Chernyshevsky Zabaikalsky State Humanitarian Pedagogical University, 2009, no. 1(24), pp. 53-61.

11. Gorlacheva, E.P., Afonin, A.V. Fauna of fishes of the Krasnokamensk reservoir. Perm: Perm State National Research University, 2009, vol. II, pp. 248-255.

12. Gorlacheva, E.P., Gorlachev, V.P. Khankinsky minnow sgualidus chankaensis Dybowski, 1872 Krasnokamensk reservoir (Zabaykalsky Krai). International Journal of Applied and Fundamental Research, 2016, no. 10-3, pp. 422-425.

13. Karasev, G.L. Fishes of Transbaikalia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1987, 295 p.

14. Korytny, L.M. Basin concept in nature management. Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS, 2001, 163 p.

15. The Red Book of the Trans-Baikal Territory, volume "Animals". Kemerovo: Vector-Print LLC, 2025, 360 p. URL: http://inrec-sbras.ru/wp-content/uploads/2025/12/Krasnaya-kniga-ZK-2025.pdf.

16. Mikheev, I.E. Anthropogenic transformation of ichthyocenoses of Eastern Transbaikalia. Tomsk: NTL Publishing House, 2000, pp. 555-558.

17. Mikheev, I.E. Anthropogenic transformation of ichthyocenoses of lake ecosystems of Transbaikalia. Moscow: BSU, 2003, pp. 608-611.

18. Mikheev, I.E. Hunting and fishing resources in the BAM zone (Zabaikalsky Krai). International Scientific Research Journal, 2015, no. 3 (34), 15 p.

19. Mikheev, I.E. Commercial fishing. Novosibirsk: Nauka, 2005, pp. 526-527.

20. Mikheev, I.E. Specificity of the biodiversity of the ichthyofauna of Transbaikalia.

Chita: ZabGPU Publishing House, 2004, vol. 2, pp. 84-96.

21. Mikheev, I.E. The influence of zoogeographic zonality of the region on the specificity of the diversity of ichthyofauna. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2011, vol. 13, no. 1-5, pp. 1133-1136.

23. Mikheev, I.E. The taxonomic composition of the ichthyofauna of the Trans-Baikal Territory at the turn of the century. Scientific notes of N.G. Chernyshevsky Zabaikalsky State Humanitarian Pedagogical University, 2011, no. 1(36), pp. 188-192.

24. Pronin, N.M. On the environmental consequences of acclimatization works in the Lake Baikal basin. Biological resources of Transbaikalia and their protection. Buryat branch of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1982, pp. 3-18.

25. Sokolov, A.B. The structure of ichthyocenoses of Transbaikalia, the state of fish stocks. Cand. Thesis Sc., Sankt- Petersburg, 1995, 24 p.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:01.09.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:16.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Ильенко Наталья Борисовна – студентка Института управления природными ресурсами – факультет охотоведения имени В.Н. Скалона, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.
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: garhan29nat@gmail.com.

Мартемьянова Анна Анатольевна - кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и экологии, Институт управления природными ресурсами – факультет охотоведения имени В.Н. Скалона. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований – агроэкология и растениеводство. Автор и соавтор более 65 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: Sheremetev80@yandex.ru, ORCID ID:0000-0003-2968-9879.

Information about authors

Natalia B. Ilyenko– student of Institute of Natural Resources Management - Faculty of Game Management named after V.N. Skalon, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.
***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: garhan29nat@gmail.com.

Anna A. Martemyanova - Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor of the Department of general biology and ecology, 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 – agroecology and crop production. Author and co-author of more than 65 scientific papers and 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: Sheremetev80@yandex.ru, ORCID ID:0000-0003-2968-9879.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА” 2026; 5 (136): 137-151
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA” http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–137–151

УДК 630*2(571.54/.55)

Научная статья

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОВ НА ПОСТАГРАРНЫХ СТЕПНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

А.П. Сизых, В.И. Воронин, А.Г. Еникеев

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
г. Иркутск, Россия

Аннотация. Установлено формирование лесов на участках степей разного генезиса, включая ранее распаханные степные территории (залежи), выступающие длительное время в качестве пастбищ. В формирующихся травянистых сообществах на залежах и степных участках окружения установлено присутствие подроста древесных пород - сосны (*Pinus sylvestris* L.), редко лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.). Возраст деревьев, представленных отдельными группами или одиночными экземплярами повсеместно на залежах и ранее не паханных степных участках, от 2-5 до 20-30 лет. На залежах, примыкающих к лесу, отмечен подрост разной густоты (от 200 до 1000 деревьев/га) в зависимости от местоположения в рельефе. При оценке особенностей формирования лесов на залежах был учтен видовой состав растений сообществ степных территорий, ранее не использованных под распашку. На залежах и в сообществах, выведенных из пастбищных режимов, установлено увеличение видов растений, характерных для зональной лесостепи и светлохвойных зональных лесов. Возможно, что это связано с началом этапа формирования светлохвойной тайги зонального типа. Сдерживающим фактором развития лесов на залежах степных территорий в районах исследований следует считать усиление антропогенных воздействий, главным образом пастбищных режимов, за счет организации фермерских хозяйств. Часто имеют место периодические, вызванные деятельностью человека, пожары (“палы”) в целях сохранения пастбищных угодий. Отмечены вырубки подроста сосны и лиственницы как на залежах, так и на примыкающих к ним степных территориях. Эти два фактора имеют определяющее значение для формирования и развития лесов на постаграрных территориях районов исследований на ближайшие годы и перспективу.
Ключевые слова: залежи, пастбища, степные сообщества, формирование леса, Юго-Западное Забайкалье.

Для цитирования: Сизых А.П., Воронин В.И., Еникеев А.Г. Формирование лесов на постаграрных степных территориях юго-западного Забайкалья. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”*. 2026;5 (136): 137–151. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–137–151.

2026; 5 (136): 137-151 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

FORMATION OF FORESTS ON POST-AGRARIAN STEPPE TERRITORIES OF SOUTH-WESTERN TRANS-BAIKAL

Aleksandr P. Sizykh, Viktor I. Voronin, Andrey G. Enikeev

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, *Irkutsk, Russia*

Abstract. It is stated that formation of forests occurs on the steppe sites of different genesis including steppe territories ploughed out before (fallows), which were used for pasturage during a long period. We stated in forming grass coenoses on fallows and steppe sites surrounding trees undergrowth - pine (*Pinus sylvestris* L.), rarely larch (*Larix sibirica* Ledeb.). The age of the tress varies from 2-5 to 20-30 y.o., represented as separate groups or single specimens everywhere on fallows and steppe sites not ploughed before. On the territories of fallows adjacent to forest there is undergrowth of different density (from 200 to 500-1000 trees/ha) depending from the places in the relief. While assessing the peculiarities of forests formation on the fallows, we took into account maximally the species composition of plant in the coenoses surrounding steppe territories not ploughed out before. Determined a gradual increase of plants species characteristic for a zonal forest-steppe and light-coniferous zonal forests on fallows and in steppe phytocoenoses no more used intensively for pasturage. This is probably due to the early stage of formation of light-coniferous taiga of zonal type. A restraining factor in the development of forests on fallow of steppe territories in the study areas should be attributed to a possible increase in anthropogenic influences, mainly grazing regimes, due to the formation of farms. There are often periodic human-induced fires («deliberate fires») in order to preserve rangelands. In this case, simple felling of pine and larch undergrowth has also been noted, both in fallow lands and in adjacent territories. There two factors of decisive importance for the possibility of formation and development of forests on the past-agrarian territories of study areas in the near years and on the future.
Key words: fallows, pastures, steppe coenoses, forest formation, South-Western Trans-Baikal.

For citatioin: Sizykh A.P., Voronin V.I., Enikeev A.G. Formation of forests on post-agrarian steppe territories of South-Western Trans-Baikal. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2026;5 (136): 137–151. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–137–151.

Введение. Стабильность функционирования природных систем любой иерархии на фоне усиливающего тренда хозяйственного использования является определяющим фактором устойчивого социально-экономического развития территорий. Учет особенностей их физико-географических условий при организации определенных типов и форм природопользования – основа минимизации экологических последствий на ближайшие годы и длительную перспективу.

Время становления лесостепи в Забайкалье, равно как и других степных территорий региона, датируется голоценом, когда в позднеледниковую фазу (10,5-9 тыс. лет) сформировались обширные степные пространства с повышением роли сосны обыкновенной в сложении растительности [2]. "Внутри этой фазы выделяется период потепления (аллерд), вызвавший частичное увеличение роли лесных формаций – сосново-березовых лесов с примесью ели. К концу фазы позднедриассовое похолодание привело к почти полной деградации лесной растительности и широкому развитию степных группировок" [2]. Послеледниковый период характеризуется двумя фазами, где первая (9.5-5.5 тыс. лет) – время теплого периода, когда шло развитие темнохвойных еловых лесов с сохранением значительных участков,

занятых степными сообществами [24]. В атлантическое время (8.0-5.0 тыс. лет) произошло сокращение роли темнохвойных лесов с доминированием березовых лесов, которые вытесняли степные сообщества. Во второй половине атлантического периода вновь повысилась роль темнохвойных (еловых) лесов вследствие потепления климата. "В понижениях установились лесостепные ландшафты с участием сосны и березы в древостоях. К этому времени относится климатический оптимум голоцена (6.2-5.5 тыс. лет)" [2]. В это время и формировалась растительность, в структуре которой представлены как лесные, так и степные сообщества.

Район исследований – контакт светлохвойных лесов с экстразональными ("островными") степями и зональной лесостепью [20] Юго-Западного Забайкалья.

В течение нескольких лет проводились исследования современного состояния растительных сообществ на постаграрных территориях разных районов Юго-Западного Забайкалья.

Цель - установить современные тенденции формирования растительности, включая леса, на залежах разных лет. Учитывались и топологические условия среды формирования растительных сообществ. На основе ключевых участков, отражающих разнообразие современных состояний растительных сообществ разных типов, проводился анализ их структурно-динамической организации. Травянистые сообщества с присутствием в их составе древесных видов рассматриваются как начальная стадия формирования лесов в границах постаграрных степных территорий разного генезиса в результате прекращения их использования под распашку и ограниченное - в качестве пастбищных угодий. По сути, возвращение леса на ранее распаханные территории экстразональных степей и зональной лесостепи. Одной из задач было выявление степени антропогенных деструкций растительных сообществ в зависимости от их типологии для разных физико-географических условий [15, 16] и природной среды [3] районов исследований.

Объекты и методы. Районы исследований – экстразональные ("островные") степи и зональная лесостепь [20] на контакте с зональными светлохвойными лесами Юго-Западного Забайкалья. На ключевых участках проведены исследования современного состояния растительных сообществ постаграрных территорий Юго-Западного Забайкалья с разными физико-географическими условиями методами классической полевой геоботанической съемки [12, 13, 10, 11] с составлением геоботанических описаний разных лет и вегетационных периодов. Описания группировались по сходным структурно-динамическим характеристикам сообществ, выступили основой в установлении вектора формирования сообществ залежей на степных территориях, в настоящее время используемых как пастбища. Для анализа современного состояния растительности района исследований также были использованы данные научных публикаций разных лет и карт разного назначения в целях выявления изменений структуры сообществ во времени. Видовой состав растений уточнялся по определителям флоры Сибири [6, 7, 22, 23]. На карте-схеме отмечены районы проведенных геоботанических описаний (рисунок 1).

Результаты и обсуждение. В соответствии с картой растительности юга Восточной Сибири [14] растительность районов исследований (рис. 1-1,

1-2) и их окружения относится к Урало-Сибирской фратрии формаций, Южносибирским формациям горно-таежных лиственничных (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосновых (*Pinus sylvestris* L.) травяно-кустарниковых лесов. Здесь следует отметить нахождение степных (экстразональных) сообществ в составе лесной растительности района исследований. Согласно корреляционной эколого-фитоценотической карте [8] растительность района исследований входит в состав низко-, местами среднегорной, преимущественно сосновой (*Pinus sylvestris* L) и лиственнично *Larix sibirica* Ledeb.) - сосновой лесостепи теплых сухих местообитаний.

Территории ключевых участков 1 и 2 (рисунок 1), расположенных в границах экстразональных ("островных") степей, длительное время использовались под распашку. В настоящее время – залежи разных лет.

Район исследований - ключевой участок 1 (рисунок 1) включает две близко расположенные точки проведения геоботанических описаний: а - (N 52°17'01.1" - E 106°45'19.4"); б - (N 52°16'04.1" - E 106°42'41.9").

Сосновый (*Pinus sylvestris* L.) подрост (до 1000 деревьев/га), переходящий в категорию молодняка, формирующийся на залежи (Залежь ≈ 30-35 лет) образуют достаточно сомкнутые древостои синузиальной формы распространения по территории. Основу составляют деревья 15-25-летнего возраста (рис. 2 а). Напочвенный покров образуют виды растений, характерные для степей с участием лесных видов: володушка козелецелистная (*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.), мятлик оттянутый (*Poa attenuata* Trin.), льнянка бурятская (*Linaria buriatica* Turcz. ex Ledeb.), тимофеевка степная (*Phleum phleodes* (L.) Karsten), овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drob.), гетеропаппус алтайский (*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.), лапчатка пижмолистная (*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.), осока большехвостая (*Carex macroura* Meinsh.). Общее проективное покрытие травостоя (ОПП) достигает 85-90%.

Сосна (*Pinus sylvestris* L.) на втором участке (рис. 2 б) представляет собой достаточно разреженный (до 300 деревьев/га) подрост (возрастной состав до 10-15 лет) на залежи, примыкающий к лесу, а также группировки синузиального распространения и отдельно стоящие экземпляры по площади (Залежь ≈ 25 лет). Напочвенный покров составляют такие виды растений, как: полынь метельчатая (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.), овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drob.), тимофеевка степная (*Phleum phleodes* (L.) Karsten.), льнянка бурятская (*Linaria buriatica* Turcz. ex Ledeb.), гетеропаппус алтайский (*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.), мак голостебельный (*Papaver nudicaule* L.), змееголовник (*Dracocephalum foetidum* Bunge) и синузиально осока большехвостая (*Carex macroura* Meinsh.). Общее проективное (ОПП) покрытие травостоя достигает 80-85%.

Район исследований - ключевой участок 2 (рисунок 1; N 52°05'34.0" - E 106°46'52.7").

Формирующийся подрост (до 200 шт./га), состоящий из 5-15-летних отдельно стоящих деревьев (рис. 3) сосны (*Pinus sylvestris* L.), на ранее распаханных территориях экстразональных ("островных") степей сопровождается развитием мощного травяного покрова с проективным покрытием до 95% по площади залежи (Залежь ≈ 20 лет). Основу травостоя образуют виды растений, характерные для лесостепного типа

растительности (по сути, природной зоны). Это такие виды растений как полынь метельчатая (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.), люцерна (*Medicago sativa* L), гетеропаппус алтайский (*Heteropappus altaicus* (Willd.), овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drob.), мятлик оттянутый (*Poa attenuata* Trin.), костер безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), горец растопыренный (*Poligonum divaricatum* L.), полынь эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.), подмаренник северный (*Galium verum* L..), горох мышинный (*Vicia cracca* L.), лапчатка пижмолистная (*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.). Отмечены отдельные экземпляры осоки большехвостой (*Carex macroura* Meinsh.).

По ботанико-географическому районированию растительные сообщества районов исследований (рис. 1-1, 1-2) не относятся к зональной лесостепи и зональных степей [9, 15, 21]. Степные сообщества районов исследований характеризуются как "островные степи" [15] и приурочены к днищам котловин, распадков и шлейфам гор их ближайшего окружения. Здесь необходимо отметить, что "островные степи", равно как "островная лесостепь", вне территорий зональных степей и зональной лесостепи (или горных поясов) следует рассматривать как парагенез (объект) в пространственной организации растительности Байкальского региона [17].

Район исследований - ключевой участок 3 (рис. 1, N 51°20'40.4" - E 106°39'47.7"), расположе**н** в среднем течении р. Селенги, Юго-Западное Забайкалье.

Растительность района исследований (включая ключевой участок) и его окружения входит в состав таежной (бореальной) растительности Урало-Сибирской фратрии формаций горно-таежных сосновых и лиственнично-сосновых травяно-кустарниковых лесов в сочетании с сосновыми травяно-кустарниковыми остепненными лесами и мелкодерновиннозлаковыми степями Южносибирских формаций разнотравно-злаковых и злаковых степей [14]. Согласно корреляционной эколого-фитоценотической карте [8], растительность района исследований представлена преимущественно сосновыми и лиственнично-сосновыми лесами в комплексе с разнотравно-злаковыми степными сообществами, отражающими черты светлохвойных разнотравных остепненных лесов и степных сообществ, характерных для зональной лесостепи. По провинциальному разделению Центральноазиатской подобласти степной области Евразии [9], по ботанико-географическому районированию степей Центральной Азии [21] ключевой участок и его окружение расположен в зоне лесостепи. Известно, что зональный тип растительности в большей степени является отражением природной зоны по соотношению осадков, температуры и радиационному балансу [1]. Природная зональность первична, высотная поясность вторична всегда.

Растительное сообщество ключевого участка (рис. 4) представлено разнотравно-остепненным подростом (до 250 деревьев/га) сосны (*Pinus sylvestris* L.), формирующимся на ранее распаханном участке (Залежь ≈ 30 лет) зональной лесостепи. Возраст подроста сосны варьирует от 15 до 25 лет. Отмечены единичные экземпляры ильма приземистого (*Ulmus pumila* L.) и барбариса сибирского (*Berberis sibirica* Pallas).

2026; 5 (136): 137-151 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

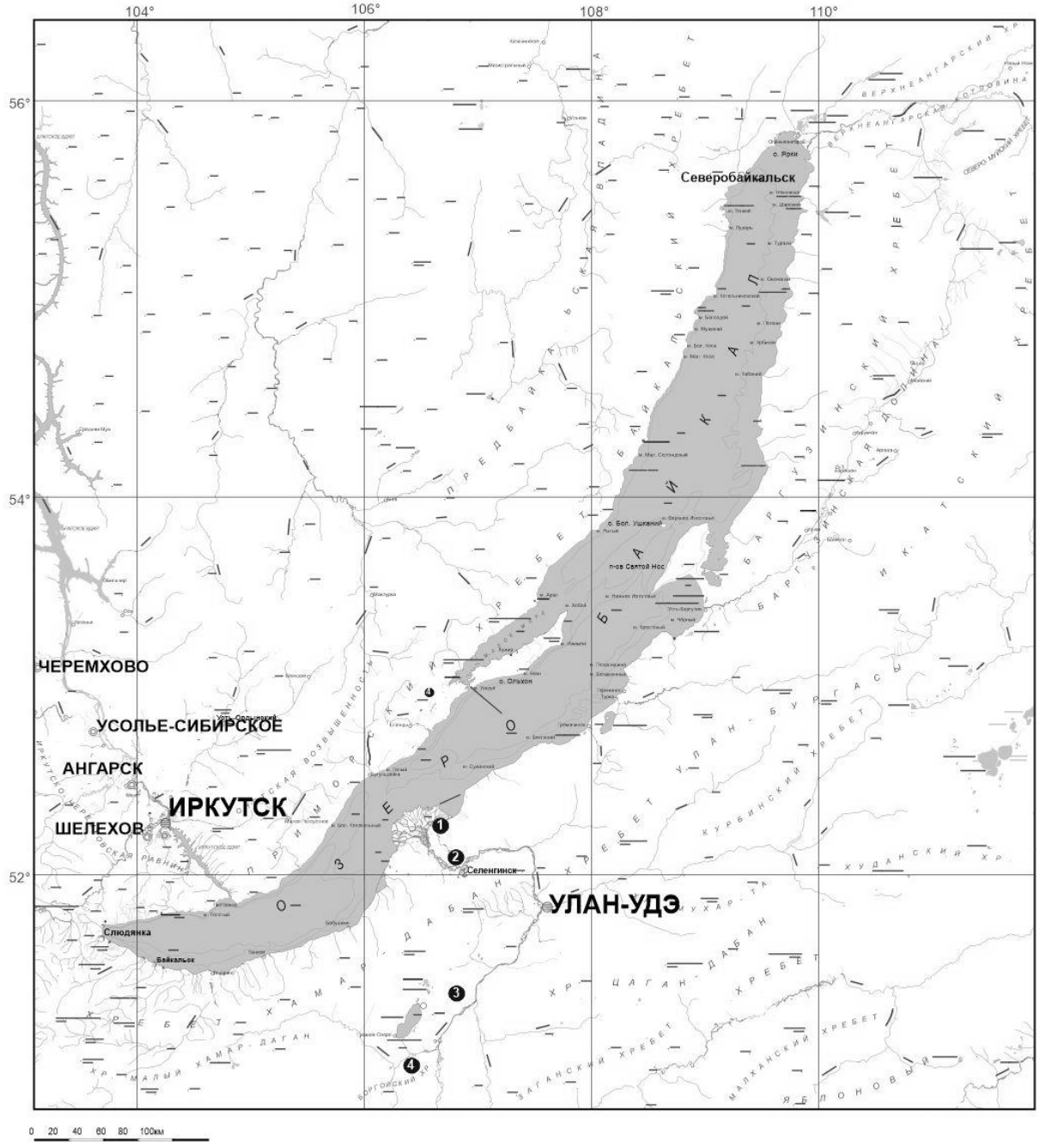

Рисунок 1 - **Районы исследований – Юго-Западное Забайкалье. Территории, где проведены геоботанические описания, помечены маркерами черного цвета с цифрами – номерами ключевых участков**

Figure 1 – **Study areas – Southwestern Transbaikalia. Locations where geobotanical descriptions were conducted are marked with black symbols labeled with numbers, which correspond to the key study sites**



а б

Рисунок 2 - **Разновозрастный разнотравно-остепненный подрост сосны (*Pinus sylvestris* L.) формирующийся на залежах: ≈ 35 лет для участка "а"; ≈ 25 лет для участка "б", ранее распаханных территориях экстразональной ("островной") степи. На дальнем плане фотографии "б" сомкнутый подрост сосны, примыкающий к сомкнутому древостою соснового леса**

Figure 2 – **Uneven-aged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) regeneration, accompanied by a diverse herbaceous (steppe-like) ground cover, developing on abandoned agricultural land—specifically, on previously plowed areas within an extrazonal ("island") steppe. In the background of photograph "b," a closed-canopy stand of young pines can be seen, bordering a mature, closed-canopy pine forest**



Рисунок 3 - **Формирование подроста сосны (*Pinus sylvestris* L.) на месте ранее распаханных (залежь ≈ 20 лет) территориях эскстразональной ("островной") степи. На дальнем плане полоса сомкнутого подроста, примыкающего к сомкнутому древостою соснового леса**

Figure 3 – **Development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) regeneration on previously plowed land (fallow for ≈ 20 years) within an extrazonal ("island") steppe area. In the background, a band of dense young growth adjoins a closed-canopy pine forest**

2026; 5 (136): 137-151 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"



Рисунок 4 - **Подрост разнотравно-остепненного соснового (*Pinus sylvestris* L.) леса (до 15-25 лет), формирующегося на залежи (≈ 30 лет). Начальный этап формирования разнотравно-остепненных светлохвойных лесов, характерных для зональной лесостепи**
Figure 4 – Undergrowth/saplings of a forb-rich, steppe-like Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest (up to 15–25 years old) developing on an abandoned field (fallow land, ~30 years old). This represents the initial stage in the formation of forb-rich, steppe-like light-coniferous forests, which are characteristic of the zonal forest-steppe zone



Рисунок 5 - **Начальный этап формирования соснового (*Pinus sylvestris* L.) разнотравно-остепненного леса на месте распашки (залежь ≈ 35 лет) степного участка для целей закрепления песков (шелюгование). Возраст сосны от 15 до 30 лет. На дальнем плане фотографии сомкнутый древостой соснового леса. Имеет место линейная эрозия**
Figure 5 – **Initial stage in the formation of a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest with a diverse herbaceous, steppe-like ground cover, developing on a formerly plowed site (fallow land, ~35 years old) that was originally a steppe area and had been planted with pines to stabilize the sands. The pines are between 15 and 30 years old. In the background, a closed-canopy pine forest is visible. Linear erosion is present.**

Напочвенный покров составляют виды растений, представители зональной лесостепи и зональных степей – ковыль сибирский (*Stipa sibirica* (L.) Lam.), лапчатка пижмолистная (*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.) (*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.), змеевка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng), эдельвейс равнинный (*Leontopodium campestre* (Ledeb.) Hand. - Mazz.), вероника седа (*Veronica incana* L.), подмаренник северный (*Galium verum* L.), овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drobov), хамеродос прямостоячий (*Chamaerhodos erecta* (L.) Buge), большеголовник одноцветковый (*Rhaponticum uniflorum* (L.) DC), скабиоза растопыренная (*Scabiosa comosa* Fischer ex Roemer et Schultes). Общее проективное покрытие (ОПП) травостоя составляет 75%.

Район исследований – ключевой участок 4 (рис. 1; N 50°58'30.5" - E 106°35'10.8").

Согласно карты растительности юга Восточной Сибири [14] растительные сообщества ключевого участка относятся к Урало-Сибирской фратрии формаций Южносибирским формациям подгорно-котловинных сосновых травяно-кустарничковых остепненных лесов в сочетании со степными формациями и участками развеваемых песков. В соответствии с корреляционной эколого-фитоценотической карты [8] для района исследований характерны среднегорные, горнокотловинные преимущественно дерновинно-злаковые и пижмовые степи с фрагментами зарослей степных кустарников сухих местообитаний.

В настоящее время отмечается формирование соснового (*Pinus sylvestris* L.) остепненного леса (рис. 5) на месте распашки (Залежь ≈ 35 лет) степного участка под искусственную посадку (обычно черенками тополя или ивы), в целях закрепления песков – шелюгование. Возраст молодого поколения (редины) сосны составляет от 15 до 30 лет (до 300 деревьев/га). В настоящее время участок используется в качестве пастбищных угодий.

Напочвенный покров залежи составляют виды растений, характерные для зоны лесостепи и зональных (песчаных) степей. Это такие виды как: овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drobov), лапчатка пижмолистная (*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.), леспедеца даурская (*Lespedeza davurica* (Laxm.) Schindler), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis* L.), ковыль Крылова (*Stipa krylovii* Roshev), полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), скабиоза бледно-желтая (*Scabiosa ochroleuca* L.), тимьян байкальский (*Thymus baicalensis* Serg.), льнянка бурятская (*Linaria buriatica* Turcz. ex Reichend.), осока Коржинского (*Carex korshinskyi* Kom.). Общее проективное покрытия (ОПП) травостоя до 45%.

Земли районов исследований были вовлечены в активную сельскохозяйственную деятельность в течение многих десятилетий – распашка, пастбищные угодья [5]. В настоящее время часть земель, ранее используемы в качестве пашен, находятся в состоянии залежей, которые, в свою очередь используются как пастбищные угодья. В соответствии с картой экологического зонирования Байкальской природной территории [25] растительность исследуемых районов входит в состав буферной зоны, на контакте подзоны "Восстановление лесов, рекультивация и улучшение земель" и подзоны "Развитие сельского хозяйства и транспортной системы".

На территориях, ранее распаханных и используемых, в настоящее время частично в качестве пастбищных угодий, в травянистых растительных

сообществах наблюдается ярусная дифференциация с повышением общего проективного покрытия и увеличением видового разнообразия. Вместе с этим отмечается активизация процессов облесения с присутствием в составе растительных сообществ древесных пород (от 2-3 до 30 лет) сосны (*Pinus sylvestris* L.), редко – лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.). Часто группировки разновозрастных древостоев сосны имеют характер распространения в виде отдельных групп практически одновозрастных (до 10-12 лет) древостоев. Отмечены процессы восстановления лесов и на территориях, используемых как пастбища, в форме разреженных разновозрастных древостоев. Отмечены и отдельно стоящие экземпляры сосны до 25-30 лет. В настоящее время на постаграрных степных территориях (на залежах и постпастбишных участках) формируются редкостойные злаково-разнотравные сосняки, как начальная стадия формирования светлохвойных зональных лесов. Сдерживающим фактором формирования лесов на залежах, используемых как пастбищные угодья (также и на не паханных ранее степных территориях), следует считать возможное усиление антропогенных воздействий за счет вовлечения земель в сельскохозяйственный оборот фермерскими хозяйствами в регионе. В результате будут усиливаться пастбищные нагрузки, часто сопровождаемые периодическими пожарами ("палами") и вырубками подроста в целях сохранения пастбищных угодий. Вовлечение залежей или отвод новых земель под распашку также будет сдерживать формирование лесных сообществ, отражающих черты светлохвойных лесов зонального типа.

Результаты проведенных исследований по формированию растительности на постаграрных территориях (на залежах и бывших пастбищных угодьях) разных сред в Байкальском регионе достаточно тесно коррелируют с данными, отражающими формирование лесов на постаграрных степных территориях, полученными для других районов Западного Забайкалья [18, 27], а также некоторых территорий Центрального Прибайкалья [19]. К примеру, на основе проведенного на территории 3-х ключевых участков (западное побережье оз. Байкал) полевого дешифрирования среднемасштабных космических снимков разных лет съемки (фотоснимок камеры КФА-1000 спектральный диапазон 570-690 НМ/680-810 НМ, масштаб печати 1:100 000 на 1972 год съемки; фотоснимок Landsat 7ETM+/разрешение 15 м, UTM Zone48 WGS841 на 2000 г.; фотоснимок прибора МСУ-Э/КА Метеор 3М/ и МСУ-ЭКА Ресурс 03/, масштаб печати 1 : 100 000 на 2002 год) и полевое дешифрирование в 2022 году космического снимка (Data INTAS Project 99-1669 Image 2022 CNES/Maxar Technologies, дата съемки 09.04.2021 были установлено, что на месте экстразональных степей, включая залежи на степных участках, формируются сосновые с участием лиственницы леса разного возрастного состава и сомкнутости за последние, по меньшей мере, 50 лет. На основе геоботанических описаний разных лет были составлены карта-схемы (по состоянию на 1972, 2002, 2022 годы) пространственно-временной изменчивости растительных сообществ контакта лесов и экстразональных степей, с тенденцией на формирование и дальнейшее развитие лесных сообществ [28].

В этой связи, возможно утверждать, что тенденции формирования

светлохвойных лесов зонального типа на постаграрных степных территориях (залежах и постпастбищных участках) характерны для многих районов Байкальского региона. Изменчивость климата на континентальном и глобальном уровнях будет определять направление развития не только зональных лесных экосистем, но и формирующихся лесов на постаграрных степных территориях в ближайшие десятилетия с возможными изменениями их структурно-динамической и структурно-функциональной организаций в целом [26].

Заключение. В Байкальском регионе наметились процессы зарастания лесом территорий, занятых степными сообществами разного генезиса, ранее частично распаханных (в настоящее время - залежи), и территорий, используемых в качестве пастбищных угодий. На залежах, примыкающих к лесу формируются сосновые, иногда с участием лиственницы, сообщества по видовому составу растений и ценотическому сложению близкие к злаково-разнотравному типу зональных лиственнично-сосновых лесов. Для ключевого участка 1 отмечается высокая плотность подроста сосны (до 1000 шт./га), разный возрастной состав и существенное присутствие видов растений, характерных для зональных светлохвойных лесов. Подрост на залежи ключевого участка 2 разрежен, часто представлен единичными, расположенными на значительных расстояниях между экземплярами сосны с высоким проективным покрытием травостоя, что несколько ограничивает выход всходов в стадию подроста. На ключевом участке 3 подрост сосны, выходящий на стадию молодняка, разрежен вследствие использования залежи в качестве пастбищных угодий до настоящего времени, что существенно затрудняет выживаемость всходов и подроста при пастбищном режиме использования территории. Подрост сосны территории 4-го ключевого участка в основе образуют отдельные группировки на частично закрепленных песках (следствие эрозии). Длительное время территория используется в качестве пастбищ, что затрудняет быстрое формированию лесных сообществ в данных условиях среды. Повышение среднегодовых температур и относительная стабильность среднегодовых осадков на протяжении нескольких десятилетий [4] со смещением выпадения основного количества осадков на позднелетний и осенний периоды, при существенном снижении пастбищных нагрузок и исключением распашки залежей, обусловят восстановление лесных сообществ, как начальной стадии формирования зональных светлохвойных лесов. Восстановление лесов на залежах разных лет происходит очень медленно, часто через доминирование видов растений в напочвенном покрове, не являющихся основой лесных сообществ до распашки. Тенденции на дальнейшее облесение экстразональных ("островных") степей и степных территорий в границах зональной лесостепи Юго-Западного Забайкалья, говоря образно, характеризуется как процесс "сжимания" степных пространств на данном этапе развития растительности в регионе. Формирование лесов на залежах территорий контакта разных природных сред "лес –островная степь" и на степных участках в границах зональной лесостепи будет иметь затяжной характер как в районах исследований, так и на территориях, сходных по физико-географическим условиям в Байкальском регионе в целом. В перспективе следует определить территории с особым режимом природопользования в целях содействия восстановлению и сохранению

2026; 5 (136): 137-151 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

типологического разнообразия формирующихся на постаграрных степных территориях лесных сообществ, характеризующих специфику пространственной стратиграфии растительности Юго-Западного Забайкалья.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (Рег. № НИОКТР – 125021702405-5).

Список литературы

1. Безделова, А.П. Особенности зонального положения Забайкалья как основа развития остепнения растительного покрова региона / А.П. Безделова // Степи Северной Евразии. Оренбург: ИПК "Газпромпечать" ООО "Оренбурггазпромсервис", 2006. - С. 99-102.
2. Дамбиев, Э.Ц. Ландшафтная экология степей Бурятии / Э.Ц.Дамбиев, Б.Б. Намзалов, С.А.Холбоева – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006. – 185 с.
3. Дамбиев, Э.Ц. Степные ландшафты Бурятии / Э.Ц. Дамбиев - Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2000. - 198 с.
4. Жамьянов, Д.Ц. Динамика природных процессов в Байкальском регионе и их сопряжение / Д.Ц. Жамьянов, В.С. Батомункуев, Б.О. Гомбоев [и др.] // Изв. РГО. - 2024. - Т. 156. - № 2. - С. 124-137.
5. Карта использования земель юга Восточной Сибири. М-б 1:1 500 000 // Ред. Б.А. Богоявленский, Б.М. Ишмуратов – М.: ГУГК, 1988. - 2 л.
6. Конспект флоры Сибири (сосудистые растения) / Под ред. К.С. Байкова - Новосибирск: Наука, 2005. - 362 с.
7. Конспект флоры Азиатской России (сосудистые растения) / Под ред. К.С. Байкова - Новосибирск: Наука, 2012. - 639 с.
8. Корреляционная эколого-фитоценотическая карта. М-б 1:7 500 000 / Отв. ред. В.Б. Сочава, В.Н. Байбородин. Иркутск: Изд-во ИГ СО АН СССР, 1977. - 1 л.
9. Лавренко, Е.М. Провинциальное разделение Центрально-азиатской подобласти степной области Евразии / Е.М. Лавренко // Бот. журн. - 1970. - Т. 55. - № 12. - С. 1734-1747.
10. Методы геоботанических исследований / Сост. А.С. Боголюбов – М.: Изд-во Ассоциации "Экосистема", 1996. - 21 с.
11. 10. Методика геоботанического картографирования и профилирования / Сост. А.С. Боголюбов. - М.: Изд-во Ассоциации "Экосистема", 1996. - 25 с.
12. Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина – Л.: Изд-во АН СССР, 1964. - 430 с.
13. Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина – Л.: Изд-во АН СССР, 1976. - 336 с.
14. Растительность юга Восточной Сибири. М-б 1:1 500 000 / Отв. ред. В.Б. Сочава - М.: ГУГК, 1972. - 4 л.
15. Рещиков, М.А. Степи Западного Забайкалья / М.А. Рещиков - М.: Наука, 1961. - 174 с.
16. Рещиков, М.А. Естественные пастбища лесостепи Забайкалья и закономерности их размещения / М.А. Рещиков // Эколого-биологическая и хозяйственная характеристика степных и луговых сообществ Забайкалья// Улан-Удэ: Изд-во Бурят. Филиала СО АН СССР, 1973. - С.186-197.
17. Сизых, А.П. Экотоны и парагенез в растительности Байкальского региона: структура, динамика, генезис /А.П. Сизых: Автореф. дис. на соиск.уч.степени д. б.н. - Иркутск, 2019. - 42 с.
18. Сизых, А.П. Антропогенная трансформация растительного покрова в районах переходных зон Юго-Западного Забайкалья / А.П. Сизых // Изв. ИГУ. Серия Науки о Земле.- 2021. - № 37. - С. 99-106.
19. Сизых, А.П. Трансформация и восстановление растительности в Прибайкалье / А.П. Сизых // Изв. ИГУ. Серия Науки о Земле. - 2021. - № 36. - С. 86-102.
20. Степи Евразии / Под ред. Е.М. Лавренко. - Л.: Наука, 1991. - 145 с.

21. Степи Центральной Азии // Сб. науч. тр. // Новосибирск: Наука, 2002. – 296 с.

22. Флора Центральной Сибири / Ред. Л.И. Малышев, Г.А. Пешкова - Новосибирск: Наука, 1979. - Т. 1. – 536 с. – Т. 2. – 551 с.

23 Флора Сибири / Под ред. Л.И. Малышева, И.М. Красноборова, В.А. Положий [и др.] – Новосибирск: Наука, 1987 - Т. 1. - 103 с.; 1990. - Т. 2. - 352 с.; 1990. - Т. 3. - 279 с.; 1988. - Т. 4. - 127 с.; 1988. - Т. 5. - 314с.; 1993. - Т. 6. - 309 с.; 1993. - Т. 7. - 159 с.; 1988. - Т. 8. - 200 с.; 1994. - Т. 9. - 280 с.; 1996. - Т. 10. - 254 с.; 1997. - Т. 11. - 296 с.; 1996. - Т. 12. - 208 с.; 1997. - Т. 13. - 472 с.; 2003. - Т. 14. – 188 с.

24.Хотинский, Н.А**.** Голоцен Северной Евразии / Н.А**.** Хотинский – М.: Наука, 1977. – 200 с.

25.Экологическое зонирование Байкальской природной территории. М-б 1:1 000 000 / Под общ. ред. А.Н. Антипова - Иркутск: Инс-та географии СО РАН, 2002. - 2 л.

26. Seidl, R. et al. Globally consistent climate sensitivity of natural disturbances across boreal and temperate forest ecosystems / R. Seidl, J. Hankaniemi, C. Semf [et al] // Ecography, 2020. - Vol. 43. - p. 1-12. DOI:10.111/ecog.04995.

27. Sizykh, A.P. et al. Reforestation in Postagricultural Areas of Western Transbaikalia / A.P. Sizykh, V.I. Voronin, Oskolkov [et al.] // Geography and Natural Resources. - 2023. - Vol. 44. - No. 4. - P. 70–76.

28. Sizykh, A.P. et al. Forest formation on the sites of extrazonal steppes on Lake Baikal western shore, spatial-temporal aspect / A.P. Sizykh, V.I. Voronin, V.A Oskolkov // International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences, 2025. – Vol. 15. – No.2. – p. 325-334.

References

1. Bezdelova A.P. Zonal location characteristics of Transbaikalia as a basis for the development of steppe-like vegetation in the region. The Steppes of Northern Eurasia. Orenburg: IPK "Gazprompechat'" OOO "Orenburggazpromservis", 2006, pp. 99-102.

2. Dambiev, E.C. et al. Landscape ecology of the steppes of Buryatia. Ulan-Ude: Publishing house BSU, 2006, 185p.

3. Dambiev, E.C. Steppe landscapes of Buryatia. Ulan-Ude: Publishing house BSU, 2000, 198 p.

4. Zham'yanov, D.C. et al. Dynamics of natural processes in the Baikal region and their interaction. News RGS, 2024, vol. 156, no 2, pp. 124-137.

5. Land Use Map of southern Eastern Siberia. Scale 1:1 500 000. Moscow: GUGK, 1988, 2 p.

6. Conspectus of the Flora of Siberia (Vascular Plants). Novosibirsk: Nauka, 2005, 362 p.

7. Conspectus of the Flora of Asian Russia (Vascular Plants). Novosibirsk: Nauka, 2012, 639 p.

8. Correlative ecological-phytocoenotic map. Scale 1:7500 000. Irkutsk: Publishing house IG SB AS USSR, 1977, 1 p.

9. Lavrenko, E.M. Provincial division of the Central Asian subregion of the Eurasian steppe region. Botanical Journal, 1970, vol. 55, no 12, pp. 1734-1747.

10. Methods of geobotanical research. Moscow: "Ekosistema", 1996, 21 p.

11. Metodika geobotanicheskogo kartografirovaniya i profilirovaniya. Moscow:" "Ekosistema". 1996, 25 p.

12. Field geobotany. Leningrad: AS USSR,1964, 430 p.

13. Field geobotany. Leningrad: AS USSR,1976, 336 p.

14. Vegetation of Southern Eastern Siberia. Scale 1:1500 000. Moscow: GUGK, 1972, 4 p.

15. Reshchikov, M.A. Steppes of Western Transbaikalia. Moscow: Nauka, 1961, 174 p.

16. Reshchikov, M.A. Natural pastures of the forest-steppe of Transbaikalia and patterns of their distribution. Ulan-Ude: Publishing house Buryatia branch, AS USSR,1973, pp.186-197.

17. Sizykh, A.P. Ecotones and Paragenesis in the Vegetation of the Baikal region: structure, dynamics, and genesis. Doc.Thesis Sc., Irkutsk, 2019, 42 p.

18. Sizykh, A.P. Anthropogenic transformation of vegetation cover in the transition zone areas of Southwestern Transbaikalia. The bulletin of Irkutsk State University. Series "Earth Sciences", 2021, no. 37, pp. 99-106.

19. Sizykh A.P. Vegetation Transformation and Recovery in the Baikal Region. The

bulletin of Irkutsk State University. Series "Earth Sciences", 2021, no. 36, pp. 86-102.
20. The steppes of Eurasia. Leningrsd: Nauka, 1991,145 p.
21. Steps of Central Asia. Novosibirsk: Nauka, 2002, 296 p.
22. Flora of Central Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1979, vol. 1, 536 p. vol. 2, 551 p.
23. Flora of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1987, vol. 1, 103 p.; 1990,vol. 2, 352 p., 1990, vol. 3, 279 p., 1988, vol 4, 127 p., 1988, vol. 5, 314 p., 1993, vol. 6, 309 p., 1993, vol. 7, 159 p., 1988, vol. 8, 200 p., 1994, vol. 9, 280 p., 1996, vol. 10, 254 p., 1997, vol. 11, 296 p., 1996, vol. 12, 208 p., 1997, vol. 13, 472 p., 2003, vol. 14, 188 p.
24. Hotinskij, N.A. Golocen northern Eurasia. Moscow: Nauka, 1977, 200 p.
25. Environmental zoning of the Baikal natural territory. Scale 1:1 000 000. Irkutsk: Institute of Geography SB RAN, 2002, 2 p.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов. Авторы несут полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in planning the research, sampling, performing microbiological and biochemical analyses, statistical processing of the results obtained, and analyzing this study. The author of this article has reviewed and approved the final version.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest. The author is fully responsible for the presentation of the material in the article.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:12.08.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:16.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторах

Воронин Виктор Иванович - доктор биологических наук, и.о. научного руководителя Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН. Область исследований – лесоведение, лесная экология, денрохронология. Автор около 300 научных публикаций.
Контактная информация: Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132, e-mail: bioin@sifibr.irk.ru, ORCID ID: 0000-0002-1467-9865.

Еникеев Андрей Густавович - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН. Область исследований – экология растений, растительно-микробные взаимодействия, вторичный метаболизм. Автор более 120 научных публикаций.
Контактная информация: Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132. e-mail: and56irk@mail.ru, ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-4111-0412.

Сизых Александр Петрович - доктор биологических наук, главный научный сотрудник Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН. Область исследований - биогеоценология, растительность контакта природных сред, фитоиндикация, биогеография, геоботаническое картографирование. Автор около 370 научных публикаций
Контактная информация: Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН. 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132, e-mail: alexander.sizykh@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5365-8066.

Information about authors

Viktor I. Voronin – Doctor of Biological Sciences, Acting Scientific Director at the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (SB RAS). Research area - forest science, forest ecology, and dendrochronology. Author of approximately 300 scientific publications.

Contact information: Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS, 132 Lermontov str., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: bioin@sifibr.irk.ru, ORCID ID: 0000-0002-1467-9865.

Andrey G. Enikeev – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS. Research interests: plant ecology, plant-microbe interactions, and secondary metabolism. Author of over 120 scientific publications.
Contact information: Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS, 132, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: and56irk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4111-0412.

Aleksandr P. Sizykh – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS. Research area - biogeocenology, vegetation at the interface of natural environments, phytoindication, biogeography, and geobotanical mapping. Author of approximately 370 scientific publications.
Contact information: Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS, 132, Lermontov str., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: alexander.sizykh@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5365-8066.

Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”
Scientific and practical journal “Vestnik IrGSHA”
2026; 5 (136): 152-159
http://vestnik.irsau.ru

DOI 10.51215/1999–3765–2026–136–152–159

УДК 712.4:504.06

Научная статья

МОДУЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

И.С. Шеметова

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

Аннотация. В статье рассматривается модульное озеленение интерьеров как инструмент компенсации дефицита природоподобных технологий в условиях плотной городской застройки. На основе анализа климатических данных Предбайкалья, а также результатов пилотного проекта по созданию фитостены и группового композиционного озеленения в научно-исследовательской лаборатории и учебной аудитории Иркутского ГАУ доказана эффективность подобранного ассортимента комнатных растений для стабилизации микроклимата. Для Иркутска характерны невыраженная сезонность и продолжительный холодный период. В интерьерах это означает продолжительную работу отопления, большую разницу между летним и зимним световым режимом и потенциально низкую относительную влажность в отдельных зонах. Реальные параметры, однако, определяются не только климатом города, но и ориентацией окон, характеристиками остекления, глубиной помещения, вентиляцией, типом отопления и режимом эксплуатации. Установлено, что 1 м² активной зелёной стены повышает относительную влажность воздуха в радиусе 2 м на 22% в зимний период и снижает концентрацию летучих органических соединений (ЛОС) на 14%. Обоснован перечень зональных и тропических растений, устойчивых к условиям интерьеров. модульные системы озеленения в Иркутске выступают инструментом адаптации зданий к климатическим стрессам. Для северных помещений приоритетным является подбор влаголюбивых ароидных для регуляции RH, тогда как для юго-западных – создание многослойного биологического экрана с участием суккулентных видов для защиты от IR-излучения. Средневзвешенная выживаемость всех исследованных культур составила 88%, что подтверждает экономическую целесообразность внедрения данных технологий в социальную инфраструктуру региона

Ключевые слова: интерьерное озеленение, фитостены, групповое композиционное озеленение, резко континентальный климат, микроклимат помещений, качество воздуха, дефицит влажности.

Для цитирования: Шеметова И.С. Модульное озеленение в условиях Предбайкалья. *Научно–практический журнал “Вестник ИрГСХА”.* 2026;5 (136): 152–159. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–152–159.

2026; 5 (136): 152-159 **Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"**
Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"

Research article

MODULAR LANDSCAPING IN THE CONDITIONS OF THE PRE-BAIKAL REGION

Inna S. Shemetova

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

Abstract. The article examines modular interior greening as a tool for compensating for the deficit of nature-based technologies in densely built-up urban environments. Based on the analysis of climatic data from the Baikal region, as well as the results of a pilot project on creating a phytowall and group compositional greening in the research laboratory and educational classroom of Irkutsk State Agricultural University, the effectiveness of the selected assortment of indoor plants for microclimate stabilization has been proven. Irkutsk is characterized by indistinct seasonality and a prolonged cold period. In interiors, this translates to continuous heating operation, a significant difference between summer and winter light regimes, and potentially low relative humidity in certain zones. However, actual parameters are determined not only by the city's climate but also by window orientation, glazing characteristics, room depth, ventilation, heating type, and operational mode. It has been established that 1 m² of active green wall increases the relative air humidity within a 2 m radius by 22% during the winter period and reduces the concentration of volatile organic compounds (VOCs) by 14%. A list of zonal and tropical plants resistant to interior conditions has been justified. Modular greening systems in Irkutsk serve as a tool for adapting buildings to climatic stresses. For northern rooms, the priority is the selection of moisture-loving aroids for RH regulation, while for southwestern rooms, it is the creation of a multi-layered biological screen involving succulent species to protect against IR radiation. The weighted average survival rate of all studied cultures was 88%, confirming the economic feasibility of implementing these technologies in the region's social infrastructure.
Keywords: interior greening, phytowalls, group compositional greening, sharply continental climate, indoor microclimate, air quality, humidity deficit.

For citation: Shemetova I.S. Modular landscaping in the conditions of the Pre-Baikal region. *Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*. 2026;5 (136): 152–159. DOI: 10.51215/1999–3765–2026–136–152–159.

Введение. Иркутская область занимает лидирующее место в России по уровню загрязнения атмосферного воздуха в зимний период (смог, НМУ – неблагоприятные метеорологические условия). Жители проводят до 90% времени в помещениях, где качество воздуха страдает от выделения формальдегида и фенола из мебели и отделочных материалов, а также от экстремально низкой влажности (<20%) в отопительный сезон.

Науке широко известны зарубежные исследования (NASA, 1989; Wolverton) о способности растений поглощать летучие органические соединия; российские работы по микроклимату зданий (НИИСФ РААСН). Важно отметить в Сибири – большинство работ посвящено экстерьерам, складывается дефицит исследований именно по интерьерному озеленению [1, 6].

Модульное озеленение интерьеров – это размещение растений в повторяющихся контейнерах, кассетах или панелях, собранных в единую вертикальную композицию. В отличие от напольного группового композиционного озеленения, модульная система позволяет использовать

вертикальную поверхность и формировать управляемый растительный массив. При этом она объединяет биологический объект и инженерную установку: растения, субстрат, несущую раму, полив, водоотвод, освещение и средства контроля.

Для интерьера в холодном климате наиболее управляемыми являются жёсткие кассетные модули с индивидуальными посадочными ячейками: они обеспечивают физическую фиксацию корневого кома, позволяют заменять отдельные растения и упрощают локальное обслуживание. [1, 2].

Проектная система включает пять взаимосвязанных подсистем:

1) несущий каркас и крепления, рассчитанные с учётом массы влажных модулей;

2) растительные ячейки и субстрат с подходящими водо- и воздухопроницаемостью;

3) полив с равномерной подачей воды и возможностью регулировки по секциям;

4) сбор и безопасный отвод избытка воды;

5) освещение и управление, если естественный свет недостаточен.

Для интерьерных растений сезонный фактор проявляется через доступность света и режим отопления. Зимой уменьшается продолжительность естественного освещения, а в помещениях, удалённых от окон, фотосинтетически активная радиация может быть недостаточной даже при визуально ярком свете. Оценивать освещённость «на глаз» ненадёжно: человеческое зрение адаптируется к широкому диапазону, тогда как растениям важны интенсивность и продолжительность света на уровне листьев.

В холодный сезон отопительные приборы могут создавать локальные зоны повышенной температуры и сухого воздуха. Непосредственное размещение модулей над радиаторами или в потоке горячего воздуха усиливает потерю воды листьями и субстратом. Но повышение влажности воздуха само по себе не является достаточным решением: чрезмерное увлажнение корневой зоны, застой воды и слабая вентиляция увеличивают вероятность корневых проблем и развития грибных патогенов. Следовательно, требуется баланс между поливом, температурой, воздухообменом и влажностью.

Важен и риск холодного нисходящего потока у окон. При проветривании или недостаточной герметичности температура листьев может резко отличаться от температуры комнаты. Для тропических декоративных видов такие колебания нередко важнее среднесуточной температуры. Поэтому фитостену не следует располагать вплотную к холодному стеклу или в зоне регулярного сквозняка без предварительных измерений.

Модульное озеленение интерьеров в Иркутске является не только эстетической, но и санитарно-гигиенической и инженерной необходимостью.

Цель - подобрать ассортимент комнатных растений с высокой декоративностью и экологической устойчивостью к специфическим абиотическим условиям региона.

Материал и методика. Сконструированы фитостена площадью 6 м² в научно-исследовательской лаборатории "Интродукция растений"

Иркутского ГАУ (ориентация – северо-западная, искусственное освещение), групповое композиционное озеленение в учебной аудитории Иркутского ГАУ (ориентация юго-западная, комбинированное освещение).

В течение отопительного сезона (октябрь – апрель) ежедневное измерение относительной влажности воздуха (RH) в трёх точках (у стены, в 2 м от стены, в контрольной – коридоре).

Для замера общего уровня ЛОС (TVOC) до монтажа стены и через 6 месяцев после использование газоанализатора PID (фотоионизационный детектор).

Фитосанитарный мониторинг с целью контроля и учёта хлороза, некрозов и поражения комнатных растений паутинным клещом, мучнистым червецом, щитовкой. Проводилось измерение *PPFD* (плотности фотосинтетического фотонного потока) на уровне верхней точки габитуса растений для подбора режима досветки.

Результаты и обсуждение. Для условий Иркутска следует отдавать приоритет видам с подтверждённой пригодностью для интерьера и способностью переносить сезонное снижение естественного света, но не использовать теневыносливость как возможность выращивания в отсутствии света. Большинство декоративно-лиственных растений сохраняет жизнеспособность при меньшей освещённости, однако рост и плотность биомассы снижаются. Поэтому при ограниченном дневном свете необходимо предусматривать дополнительную досветку, фитолампы.

Подбор растений должен учитывать не только декоративность, но и эксплуатационные свойства: темп роста, склонность к вытягиванию, потребность в воде, чувствительность к солевому накоплению, токсичность для домашних животных и риск аллергенности.

В общественных пространствах необходимо исключить использование видов с ломкими побегами, колючками или токсичными соками в доступных местах. В одной гидравлической зоне не следует размещать растения с разными требованиями к поливу.

Фитостена площадью 6 м², ориентированная на северо-запад, была сформирована биоценотическим сообществом из 7 видов теневыносливых растений. Анализ выживаемости через 6 месяцев показал среднюю сохранность 88%. Наилучшие результаты продемонстрировали *Epipremnum aureum* и *Philodendron* spp. (95-98%), что подтверждает их высокую толерантность к низкой освещённости (средний PPFD 40-60 мкмоль/м²/с). *Davallia fejeensis* показала критическую зависимость от влажности воздуха, в период декабрь – январь, это вид папоротника утратил 32% вай, что коррелирует с падением *RH* в помещении до 19%.

Измерения относительной влажности воздуха на расстоянии 1 м от стены зафиксировали её стабильные значения на уровне 37-44% в течение рабочего дня, в то время как в контрольной точке (коридор) показатель не превышал 26%. Таким образом, фитостена функционирует как пассивный увлажнитель, компенсируя работу системы центрального отопления.

В ходе фитосанитарного мониторинга было выявлено, что основным биотическим стрессором стало поражение спатифилума мучнистым червецом в октябре, это потребовало введения протокола еженедельного мониторинга и обработки инсектицидами. Данный факт указывает на

уязвимость растений в условиях низкой RH и повышенной влажности.

Таблица1 – **Ассортимент комнатных растений для интерьерного озеленения**
Table 1 – **Assortment of indoor plants for interior greenery**

Растение	Экологическая роль в модуле	Выживаемость, %	Потенциальные проблемы
Спатифиллум *(Spathiphyllum*)	Индикатор влажности, ЛОС-фильтр	95	Требует стабильного увлажнения субстрата. При пересыхании резко теряет тургор. Чувствителен к переливу, поражается мучнистым червецом
Эпипремнум *(Epipremnum aureum)*	Быстрое покрытие, ЛОС-фильтр	98	Требует изоляции от давалии и аспарагуса, нуждается в обрезке
Давалия (*Davallia*)	Акцентная текстура, аэрация	77	При низкой влажности воздуха сбрасывает вайи. Требует опрыскивания
Аспарагус Шпренгера *(Asparagus sprengeri)*	Смягчение линий, объём	85	В глубокой тени может вытягиваться и бледнеть
Нефролепис (*Nephrolepis*)	Основной массив, влажность	88	Требует хорошей вентиляции модуля
Филодендрон (*Philodendron*) *Selloum*	Теневой ярус, ЛОС-фильтр, улавливает пыль	95	Стабилен
Хлорофитум (*Chlorophytum*)	Очистка воздуха, ЛОС-фильтр	90	Требует обрезки вегетативных отводков

В результате исследований установлено, что в пик холодов (январь, минус 38ºС на улице) при работе центрального отопления влажность в контрольной точке упала до 17%. В зоне действия фитостены показатель стабильно держался на уровне 32-35%. Зафиксировано стабильное снижение TVOC на 10-15% в течение рабочего дня. Основной вклад в очистку внесли Эпипремнум (*Epipremnum aureum*) и *Spathiphyllum wallisii* (спатифиллум).

Лидером по устойчивости к недостатку света и сухости воздуха определен Хлорофитум (*Chlorophytum*).

Для учебной аудитории с юго-западной ориентацией была сконструирована напольная групповая композиция площадью 6 м^2, образованная фитоценозом из 7 растений.

В таблице 2 приведен ассортимент комнатных растений, использованных для экспериментальной групповой композиции.

Средневзвешенная выживаемость композиции составляет свыше 90% при исключении периода адаптации фикуса. Юго-западная ориентация инсоляции кардинально изменила подход к озеленению интерьера, поскольку Иркутск находится на 52° с. ш. Летом солнце здесь стоит высоко, а зимой, несмотря на низкое положение светила, лучи, отражённые от снега, создают колоссальную световую нагрузку, растения выполняют защитную функцию от перегрева и избыточного ультрафиолета. В сравнении с северной стороной, отмечено, что у хлорофитума протекает в 2 раза быстрее транспирация, это требует больших затрат на полив. Отмечено, что при

измерении температуры воздуха на уровне 1 м пола показатели в групповой композиции были ниже на 5 градусов, в сравнении с контрольной точкой.

Таблица 2 – **Ассортимент комнатных растений для напольной групповой композиции**
Table 2 – **Assortment of indoor plants for a floor-standing group arrangement**

Растение	Экологическая роль в группе	Выживаемость, %	Потенциальные проблемы
Монстера (*Monstera deliciosa*)	Верхний ярус, поглощение *ЛОС*, создание объёмной тени.	88	Ожог кончиков (некроз), поражается красным путинным клещом
Фикус микрокарпа (*Ficus microcarpa*)	Средний ярус, стабилизация композиции, поглощение формальдегида.	70 (в первый год) 95	При смене ориентации может сбрасывать листья, поражается тлей
Замиокулькас (*Zamioculcas zamiifolia*)	Нижний ярус, резервуар влаги, работа в условиях глубокой тени под кроной фикуса.	98	переход в режим полной экономии ресурсов при высокой температуре
Сансевиерия (*Sansevieria trifasciata* / *Cylindrica*)	Вертикальный акцент, первый эшелон солнцезащиты, накопитель влаги.	99	Потеря вариегатности при недостатке света
Традесканция зебрина (*Tradescantia zebrina*)	Почвопокровный / ампельный ярус, быстрый рост, визуальный индикатор стресса.	90	Требует ежеквартальной обрезки
Каллизия ползучая (*Callisia repens*)	Акцентный почвопокров, высокая скорость транспирации.	83	Стеблевая гниль при плохой вентиляции в плотном «ковре» у основания группы
Хлорофитум (*Chlorophytum*)	Очистка воздуха, ЛОС-фильтр	90	Сохнут кончики листьев при сильном недостатке влаги

Максимальная плотность светового потока отмечена на высоте 70 см от уровня поля в период с 14-16 часов. В этой связи рекомендуется на передний выставлять толерантные растения, такие как сансевиерия, чтобы фикус и монстера не подвергались фотоингибированию, создавая зеленый экран. Использование ампельных растений, таких как каллизия и традесканция за счет активного испарения влаги в восходящий воздушный поток, способствуют созданию увлажнительной завесы.

Модульное озеленение — это адаптивная инженерная система, которая меняет свои функции в зависимости от внешней среды.

В таблице 3 приведен сравнительный анализ приемов озеленения в зависимости от инсоляционной ориентации интерьера.

Эффективность фитокомпозиции в условиях резко континентального климата определяется её способностью инвертировать свои функции: от пассивного увлажнения при дефиците инсоляции (север) до пассивной солнцезащиты и теплоотвода при её избытке (юго-запад).

Таблица 3 - **Сравнительный анализ модульного озеленения при разной инсоляции**
Table 3 - **Comparative analysis of modular landscaping under varying levels of insolation**

Параметр	Северная ориентация	Юго-западная ориентация
Главная экологическая проблема	Дефицит ФАР (света) и экстремальная сухость воздуха (RH 15-20% зимой).	Избыток ФАР и тепловая радиация (IR), риск перегрева субстрата.
Основная функция композиции	Биогигрорегулятор. Пассивное увлажнение воздуха за счёт транспирации.	Биошторный модуль. Поглощение тепла, создание скользящей тени, фильтрация избыточного света.
Ключевой физиологический процесс	Максимальная транспирация для повышения влажности (борьба за выживание).	Частичное закрытие устьиц для экономии воды (защита от перегрева).
Роль ассортимента	Спатифиллум и папоротники – ядро системы (индикаторы влаги).	Сансевиерия и замиокулькас – ядро системы (щит от солнца).
Критический риск	Загнивание корней от избыточного полива (растения пьют мало).	Ожог листьев и перегрев корней в пластиковом кашпо на солнце.
Инженерное решение	Использование влагоёмких субстратов, группировка влаголюбивых видов.	Использование дренированных субстратов, светоотражающих или керамических кашпо.

Подобранный ассортимент продемонстрировал высокую адаптивность. Средневзвешенная выживаемость культур составила 88%.

Заключение. Модульное озеленение интерьеров в условиях резко континентального климата Предбайкалья является эстетичным элементом, а также санитарно-гигиенической и инженерной необходимостью, позволяющей компенсировать негативное воздействие городского смога и работы систем центрального отопления.

Список литературы

1. Ладик, А. В. Оценка качества атмосферного воздуха в г. Иркутске в период неблагоприятных метеорологических условий / А. В. Ладик, Е. В. Молокова // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2023. – Т. 43. – С. 45-56.
2. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях / АН СССР. Науч. совет "Биол. основы рацион. использования, преобразования и охраны растит. мира. М.-Л.: Наука, 1966. - 103с.
3. Отинова, А. Ю. Влияние систем вертикального озеленения на формирование микроклимата в помещениях учебных зданий / А. Ю. Отинова, В. И. Беляев // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. - № 5. – С. 612-623. – DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.612-623.
4. Сапрыкин, К.В. Фитонцидная активность и газопоглощающая способность представителей семейства Ароидные (*Araceae*) в условиях интерьеров / К. В. Сапрыкин // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. - № 77. – С. 112-121.
5. Таран, С.С. Методологические аспекты результатов интродукции древесных растений для целей озеленения / С.С. Таран, И.С. Камова // Фундаментальные исследования. - 2013. - №11(9). - С. 1892-1996.
6. Фархутдинов, Р.Г., Результаты мониторинга состояния насаждений Tilia cordata в лесах Северной лесостепи Республики Башкортостан / Р.Г. Фархутдинов, Р.Р. Хисамова, Р.Р. Хисамов, Э.И. Галеев, М.С. Онучин, Р.Р. Зубаиров, М.А. Талыпов // Изв. Оренбургского ГАУ. - 2020. - № 1 (81). - С. 69-73.
7. Худоногова, Е.Г. Изучение качественных признаков семян древеснокустарниковых интродуцентов (г. Иркутск) / Е.Г. Худоногова // Изв. высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. - 2021. - № 2 (34). - С. 50-61.
8. Худоногова, Е.Г. Лабораторная всхожесть и хранение семян древеснокустарниковых интродуцентов / Е.Г. Худоногова, М.А. Тяпаева // Биология растений и садоводство: теория, инновации. - 2020. - № 2 (155). - С. 71-80. DOI: 10.51215/1999-3765- 2021-104-16-25.
9. Manso, M. Green wall systems: A review of their characteristics / M. Manso, J. Castro-Gomes // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 41. – P. 863–871. – DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.203.

10. Pérez, G. Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review / G. Pérez, J. Coma, I. Martorell, L. F. Cabeza // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – Vol. 39. – P. 139-165. - DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.055.
11. Wolverton, B. C. Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement / B. C. Wolverton, J. D. Wolverton. – NASA, 1989.

References

1. Ladik, A.V., Molokova, E.V. Assessment of Atmospheric Air Quality in the City of Irkutsk During Periods of Adverse Meteorological Conditions. Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences, 2023, vol. 43, pp. 45–56.
2. Methods of phenological observations in botanical research]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1966, 103 p.
3. 3. Otinova, A. Yu., Belyaev, V.I. The influence of vertical greening systems on the formation of the microclimate in educational building interiors. Vestnik MGSU, 2021, 16(5), pp. 612–623. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.612-623.
4. Saprykin, K.V. Phytoncidal activity and gas-absorption capacity of representatives of the Araceae family in interior environments. Subtropical and Ornamental Horticulture, 2020, (77), pp.112–121.
5. Taran, S.S., Komanova, I.S. Methodological aspects of the results of the introduction of woody plants for landscaping purposes. Fundamental'nye issledovaniya, 2013, no.11 (9), pp. 1892-1996.
6. Farhutdinov, R.G. et al. Results of monitoring the state of Tilia cordata plantations in the forests of the Northern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2020, no. 1 (81), pp. 69-73.
7. Hudonogova, E.G. Study of qualitative characteristics of seeds of introduced trees and shrubs (Irkutsk). Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki, 2021, no. 2 (34), pp. 50-61.
8. Hudonogova, E.G., Tyapaeva, M.A. Laboratory germination and storage of seeds of introduced trees and shrubs. Biologiya rastenij i sadovodstvo: teoriya, innovacii, 2020, no. 2 (155), pp. 71-80. DOI: 10.51215/1999-3765-2021-104-16-25.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании обзора, сбора и анализа информации.
Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил окончательный вариант.
Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие конфликта интересов. Автор несет полную ответственность за изложение материала в статье.
Ранее материалы статьи не были опубликованы в открытой печати.
Author contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution, and analysis of the research. The author has reviewed and approved the final version of the article.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
The material in this article has not previously been published in the public domai.

История статьи/ Article history:
Дата поступления в редакцию/ Received:08.08.2026
Поступила после рецензирования и доработки / Revised:16.10.2026
Дата принятия к печати / Accepted: 02.11.2026

Сведения об авторе

Шеметова Инна Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, плодоводства и ландшафтной архитектуры, агрономического факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Область исследований - агроэкология, ландшафтная архитектура, цветоводство, растениеводство. Автор и соавтор более 70 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 ORCIDID: http://orcid.org/0000-0002-1606-1022.

Information about author

Inna S. Shemetova– Candidate of Biological Sciences, Ass. Professor, of the Department of Botanic, Agronomy Faculty, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Research area - agroecology and 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, ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-1606-1022.

НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

“ВЕСТНИК ИрГСХА”

Выпуск 5 (136)
ноябрь

Технический редактор – О.П. Виньковская
Литературный редактор – В.И. Тесля
Перевод – С.В. Швецовой

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Дата выхода: 27.11.2026
Подписано в печать 7.12.2026
Усл. печ. л. 10.
Тираж 300. Заказ № 3261
Цена свободная.
Адрес редакции, издателя, типографии:
664038, Иркутская обл., Иркутский р–н, п. Молодежный,
Главный корпус ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.