

ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА

№ 1 ЯНВАРЬ – МАРТ 2025

Научный журнал
Основан в 2008 году
Выходит 4 раза в год
ISSN 2658-705X

Главный редактор

академик РАН *В.П. Матвеевко*

Редакционная коллегия

академик РАН *А.А. Барях*
академик РАН *Н.В. Зайцева*
академик РАН *И.Б. Ившина*
академик РАН *А.А. Иноземцев*
чл.-корр. РАН *Л.Ю. Левин*
чл.-корр. РАН *В.Ю. Мишланов*
канд. экон. наук *И.П. Огородов*
д-р физ.-мат. наук *А.И. Мизев*
чл.-корр. РАН *О.А. Плехов*

д-р техн. наук *И.А. Санфиров*
чл.-корр. РАН *В.Н. Стрельников*
чл.-корр. РАН *М.И. Соколовский*
д-р физ.-мат. наук *А.А. Ташикинов*
чл.-корр. РАН *Е.Г. Фурман*
чл.-корр. РАН *О.В. Хлынова*
чл.-корр. РАН *А.В. Черных*
д-р мед. наук *С.В. Гейн*
чл.-корр. РАН *Т.В. Гаврилова*

Ответственный секретарь

канд. физ.-мат. наук *А.Г. Вошинова*

Адрес редакции журнала:

614000, г. Пермь, ул. Ленина, 13А
13А тел.: (342) 212-51-76
e-mail: vestnik@permsc.ru

PERM FEDERAL RESEARCH CENTER JOURNAL

№ 1 JANUARY – MARCH 2025

Scientific journal
Published since 2008
Issued quarterly
ISSN 2658-705X

Editor-in-Chief

Academician *V.P. Matveenko*

Editorial Board

Academician *A.A. Baryakh*

Academician *N.V. Zaytseva*

Academician *I.B. Ivshina*

Academician *A.A. Inozemtsev*

RAS corresponding member *L.Yu. Levin*

RAS corresponding member *V.Yu. Mishlanov*

Cand. Sc. (Econ.) *I.P. Ogorodov*

Dr. Sc. (Phys.&Math.) *A.I. Mizev*

RAS corresponding member *O.A. Plekhov*

Dr. Sc. (Tech.) *I.A. Sanfirov*

RAS corresponding member *V.N. Strelnikov*

RAS corresponding member *M.I. Sokolovskii*

Dr. Sc. (Phys.&Math.) *A.A. Tashkinov*

RAS corresponding member *Eu.G. Furman*

RAS corresponding member *O.V. Khlynova*

RAS corresponding member *A.V. Chernykh*

Dr. Sc. (Med.) *S.V. Gein*

RAS corresponding member *T.V. Gavrilova*

Executive Editor

Cand. Sc. (Phys.&Math.) *A.G. Votina*

Editorial office address:

13A, Lenin St., Perm, 614000, Russia

tel.: (342) 212-40-64

e-mail: vestnik@perm-sc.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ЯНВАРЬ – МАРТ 1/2025

ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Баяндин Ю.В.

О верификации и валидации методов численного моделирования термоупругого деформирования твердого тела 6

Лисина Т.Н., Протасова Е.М.

Влияние досветки (730нм) на усообразование и содержание фотосинтетических пигментов в листьях земляники крупноплодной 18

Морозков Н.А., Лепехина Е.В., Жданова И.Н.

Эффективность введения фитодобавки, содержащей экдистероиды, в рацион молодняка крупного рогатого скота 27

ЭТЮДЫ О НАУКЕ

Огородов И.П.

О научной и производственной деятельности Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства 38

Кадебская О.И., Красиков А.В.

Исследования в Кунгурской Ледяной пещере, выполненные сотрудниками Горного института УрО РАН с 2004 по 2024 гг. 45

ПОРТРЕТ УЧЕНОГО

Крыласова Н.Б.

Андрей Михайлович Белавин – археолог и организатор 59

ИЗ ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ

Никонов В.В.

От Троицы до Стречаун: к вопросу о происхождении и функционировании хрононимов в коми-пермяцком языке 77

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

Учитель, научный лидер, хранительница будущего. К 75-летию юбилею академика РАН Ирины Борисовны Ившиной 83

Сергею Викторовичу Ширшеву – 65 85

CONTENTS

JANUARY – MARCH 1/2025

RESEARCH: THEORY AND EXPERIMENT

Bayandin Yu.V.

Verification and validation of numerical simulation methods
of thermoelastic deformation of solids 6

Lisina T.N., Protasova E.M.

Effect of supplementary lighting on tendrils formation and photosynthetic
pigments in leaves of large-fruited strawberry 18

Morozkov N.A., Lepikhina E.V. Zhdanova I.N.

Efficacy of feed supplementation of leuzea safflower into young cattle
ration 27

ETUDES OF SCIENCE

Ogorodov I.P.

On scientific and production activities of the Perm Research Institute
of Agriculture 38

Kadebskaya O.I., Krasikov A.V.

Research in the Kungur Ice Cave carried out by the Mining Institute UB RAS
from 2004 to 2024 45

PORTRAIT OF THE SCIENTIST

Krylasova N.B.

Andrey Mikhailovich Belavin, archaeologist and master of organization 59

FROM THE HISTORY OF THE NATIVE LAND

Nikonov V. V.

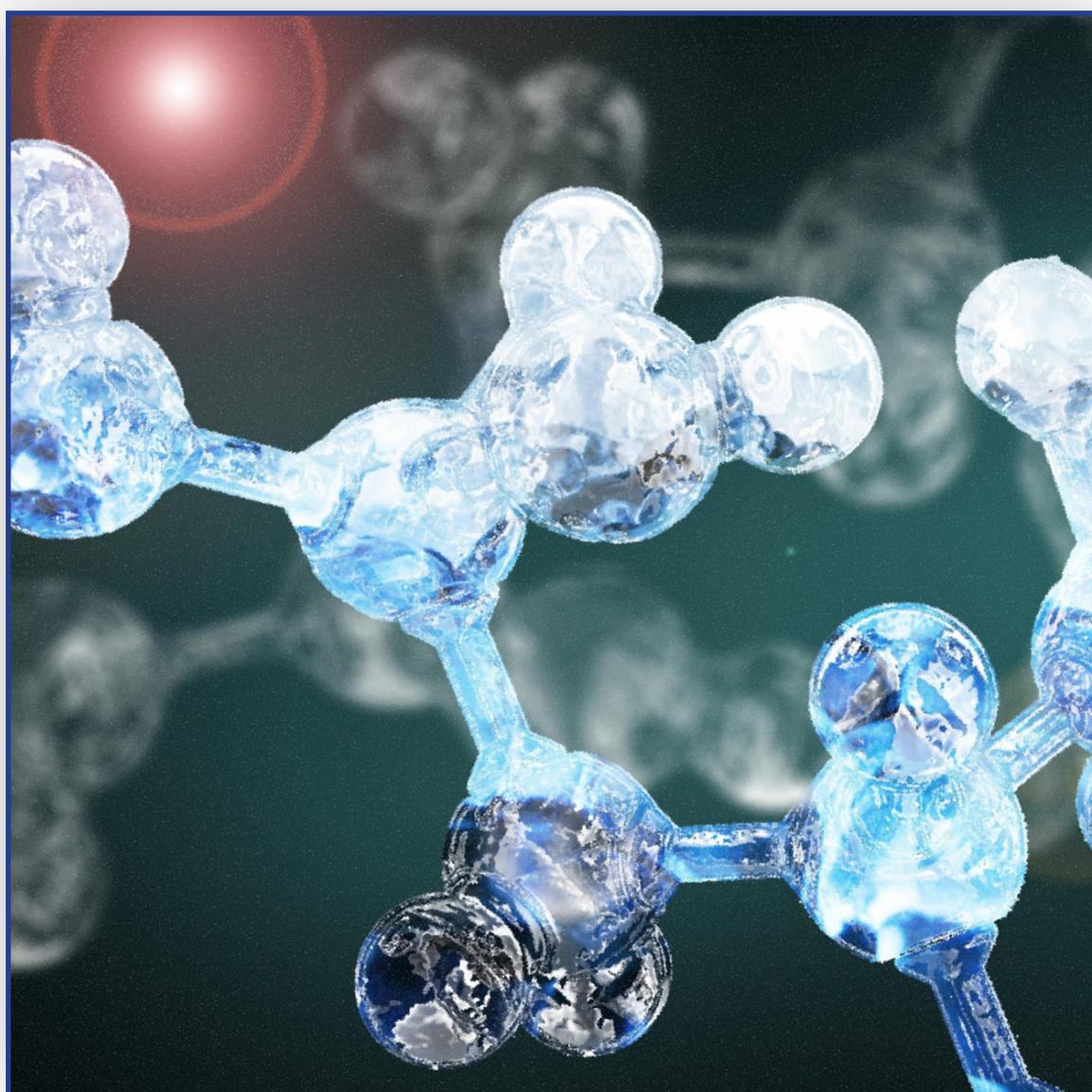
From Holy Trinity to Strechlaun: the origin and functioning
of chrononyms in the Komi-Perm language 77

ANNIVERSARY OF THE SCIENTIST

Teacher, scientific leader, guardian of the future. On the 75th anniversary
of Irina Borisovna Ivshina, Academician of the Russian Academy
of Sciences 83

On the 65th anniversary of Sergei Viktirovch Shirshv Shirshv 85

***ИССЛЕДОВАНИЯ:
ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ***



О ВЕРИФИКАЦИИ И ВАЛИДАЦИИ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОУПРУГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА*

Ю.В. Баяндин, *Институт механики сплошных сред УрО РАН*

Для цитирования:

Баяндин Ю.В. О верификации и валидации методов численного моделирования термоупругого деформирования твердого тела // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 6–17. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.1>

Связанные нестационарные постановки задач термоупругости возникают во многих областях науки и техники. Аналитические решения получены только при существенных допущениях, в том числе при понижении размерности задачи, поэтому для прикладных задач необходимо применение численных методов, в том числе с использованием пакетов прикладных программ, требующих процедур проверки достоверности – верификации и валидации. Под верификацией понимается проверка правильности гипотез и формулировки математической постановки, задания корректных начальных и граничных условий, выбора дискретного аналога и метода численного решения, а также учет источников ошибок и погрешностей. Подтверждением верификации является достаточно точное соответствие численного решения эталонной модели. Актуальность заключается в выборе подходящей эталонной модели. В настоящей работе для задачи термоупругости эталонной моделью является классическая формула Томпсона, которая описывает изменение температуры при упругом деформировании твердого тела. Погрешность численного решения для эталонной задачи составила порядка 1% для пяти характерных значений деформации от 0.01 до 0.05. Валидация дополняет процедуру верификации и основана на сравнении с достоверными экспериментальными данными или при их отсутствии с известными аналитическими решениями. Целью работы является проведение процедур верификации и валидации численного решения нестационарной задачи термоупругости деформируемого твердого тела. Использовался метод конечных элементов в пакете прикладных программ *Comsol Multiphysics*. Получено удовлетворительное соответствие численного решения и известного аналитического решения для нелинейного уравнения теплопроводности.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124020200116-1 Закономерности критичности в конденсированных средах и биологических мезо(нано)системах с дефектами, широкодиапазонное моделирование и экспериментальное исследование механизмов деформирования и стадийности поврежденности; перспективные приложения).

Ключевые слова: деформируемое твердое тело, термоупругость, нелинейные свойства, связанная задача, метод конечных элементов.

Введение

Явление термоупругости играет существенную роль в механике деформируемого твердого тела (МДТТ) и является обобщением теории упругости для деформаций с учетом нестационарного нагрева или охлаждения твердого тела. Эффекты термоупругости проявляются во многих задачах проектирования и эксплуатации установок и элементов конструкций в авиационной, ракетно-космической и атомной промышленности [1]. Уравнения термоупругости описывают распределения температуры и деформаций, обусловленных неоднородностью поля температуры и внешних силовых воздействий. При этом математическая постановка является нестационарной и связанной в силу взаимного влияния полей температуры и деформаций (или упругих напряжений). Аналитические решения нестационарных задач термоупругости допустимы только при существенных упрощениях даже в линейной теории [2]. В частности, решения нестационарных задач термоупругости для осесимметричного случая получены в работах [3,4]. Исследуются задачи для анизотропных тел [5,6]. Задачи нелинейной термоупругости решаются методами градиентной теории [7]. В практических приложениях необходимо учитывать как физическую нелинейность, так и геометрическую нелинейность математической постановки. Для решения многомерных задач, в том числе с неоднородными и нелинейными свойствами, зачастую могут быть применены только численные методы.

Детали из углеродных материалов в авиационной и ракетно-космической технике подвергаются интенсивным тепловым воздействиям, которые предшеству-

ют их горению, что приводит к инициированию волн напряжений (тепловому удару) с последующим их разрушением. Высокая скорость нагрева и сильная нелинейная (степенная) зависимость температуропроводности от температуры, обусловленная пористостью углеродного материала [8], определяют возможность эффекта метастабильной локализации тепла в «режиме с обострением» [9]. Описание эволюции термомеханической системы осуществляется дифференциальными уравнениями механики деформируемого твердого тела. Аналитические решения могут быть получены для сильно упрощенных постановок, поэтому на практике требуются численные решения, в том числе с учетом нелинейных теплофизических свойств материалов. Наиболее популярными численными методами в МДТТ являются метод конечных разностей и метод конечных элементов. В данной работе постановка задачи термоупругости была реализована в пакете прикладных программ конечно-элементного анализа Comsol Multiphysics 6.2.

Численные методы решения требуют процедуры верификации, на основе которой исследователь должен убедиться в корректности математической постановки, включающей балансовые уравнения, физические (замыкающие) соотношения и краевые условия; проверить соответствие и правильность формулировки дискретного аналога (метода дискретизации и метода численного интегрирования) и оценить погрешность между численным решением и известным достоверным решением (эталонным решением). В настоящей работе верификация проводилась в сравнении с известной моделью У. Томпсона (лорда Кельвина) [10].

Дополнительно проводится валидация модели обычно в сравнении с достоверными экспериментальными данными, а при их отсутствии с аналитическими решениями. Известные аналитические решения в свою очередь получены при существенных допущениях и также обладают определенной погрешностью. Так для нестационарной задачи термоупругости при интенсивном нагреве можно пренебречь термоупругим эффектом. В настоящей работе валидация численного решения проводилась на основе сравнения численного решения с аналитическим решением для квазилинейного уравнения теплопроводности среды со степенной зависимостью коэффициента температуропроводности от температуры.

**Математическая постановка
связанной нестационарной задачи
термоупругости**

Математическая постановка нестационарного процесса термоупругого деформирования материала состоит из законов баланса массы, импульса, энергии, замыкающего уравнения в виде упругого закона с учетом теплового расширения/сжатия и имеет следующий вид [11]:

$$\dot{\rho} = -\rho \nabla \cdot \mathbf{v}, \quad (1)$$

$$\rho \dot{\mathbf{v}} = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma}, \quad (2)$$

$$\rho C \dot{T} = \nabla \cdot \lambda \nabla T + Q, \quad (3)$$

$$\boldsymbol{\sigma}^R = \mathbf{\Pi} : (\mathbf{D} - \boldsymbol{\alpha} \dot{T}), \quad (4)$$

$$\mathbf{D} = \frac{1}{2} (\nabla \mathbf{v} + \nabla \mathbf{v}^T), \quad (5)$$

$$\int_V \varphi_k \left(\rho C \frac{\partial T(\mathbf{r}, t)}{\partial t} - Q - \nabla \cdot (\lambda \nabla T(\mathbf{r}, t)) \right) dV + \int_{\Gamma} \varphi_k \left(\lambda \frac{\partial T(\mathbf{r}, t)}{\partial \mathbf{n}} + \mathbf{q}(\mathbf{r}, t) \right) d\Gamma = 0, \quad (8)$$

$$\int_V \varphi_k \left(\rho \frac{\partial \mathbf{v}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} - \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r}, t) \right) dV + \int_{\Gamma} \varphi_k (\mathbf{n}(\mathbf{r}, t) \cdot \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r}, t) - \mathbf{p}(\mathbf{r}, t)) d\Gamma = 0, \quad (9)$$

где ρ – массовая плотность, \mathbf{v} – вектор скорости, $\boldsymbol{\sigma}$ – симметричный тензор напряжений Коши, $\nabla(\cdot)$ – оператор градиента в текущей конфигурации, (\cdot) – материальная производная, \mathbf{D} – тензор деформации скорости, $\mathbf{\Pi}$ – тензор упругих свойств четвертого ранга, T – температура, C – удельная теплоемкость, λ – коэффициент теплопроводности, Q – объемная мощность тепла, $\boldsymbol{\alpha}$ – тензорный коэффициент теплового расширения.

Уравнения (1)-(5) дополняются начальными и граничными условиями (будут конкретизированы ниже). Термоупругий эффект учитывается в источнике тепловыделения $Q = -\partial S / \partial t : (\mathbf{F}_{th}^{-1} \cdot \boldsymbol{\alpha} T)$ для случая малых деформаций $Q = -\partial \boldsymbol{\sigma} / \partial t : \boldsymbol{\alpha} T$. Здесь S – симметричный тензор Пиолы-Кирхгофа [12], а градиент места представляется разложением на составляющие упругой деформации и теплового расширения $\mathbf{F} = \mathbf{F}_e \cdot \mathbf{F}_{th}$.

Задача решается в ослабленной формулировке. Численное моделирование проводится методом конечных элементов, в рамках которого полевые величины аппроксимируются дискретной моделью и строятся на множестве кусочно-непрерывных функций формы φ_k , заданных на лагранжевой конечно-элементной сетке,

$$T = \sum_k T_k \varphi_k, \quad (6)$$

$$\dot{\mathbf{u}} = \mathbf{v} = \sum_k \mathbf{v}_k \varphi_k. \quad (7)$$

Тогда из свойств ортогональности функций φ_k условия минимума невязки запишутся следующим образом:

где для общей постановки $\mathbf{q}(\mathbf{r},t)$ задает поток тепла на границе, а $\mathbf{p}(\mathbf{r},t)$ задает усилие на границе.

Воспользуемся формулой Остроградского-Гаусса для объемных интегралов и интегрирования по частям:

$$\int_V \varphi_k \left(\rho C \frac{\partial T(\mathbf{r},t)}{\partial t} - Q \right) dV + \int_V \nabla \varphi_k \cdot (\lambda \nabla T(\mathbf{r},t)) dV + \int_{\Gamma} \varphi_k \mathbf{q}(\mathbf{r},t) d\Gamma = 0, \quad (10)$$

$$\int_V \varphi_k \left(\rho \frac{\partial \mathbf{v}(\mathbf{r},t)}{\partial t} \right) dV + \int_V \nabla \varphi_k \cdot \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r},t) dV - \int_{\Gamma} \varphi_k \mathbf{p}(\mathbf{r},t) d\Gamma = 0. \quad (11)$$

Уравнения (10)-(11) аналогичным образом получаются в отсчетной

конфигурации:

$$\int_{V_0} \varphi_k \left(\rho_0 C \frac{\partial T(\mathbf{r}_0,t)}{\partial t} - Q \right) dV_0 + \int_{V_0} \nabla \varphi_k \cdot \left(\lambda \nabla T(\mathbf{r}_0,t) \right) dV_0 + \int_{\Gamma_0} \varphi_k \mathbf{q}_0(\mathbf{r}_0,t) d\Gamma_0 = 0, \quad (10')$$

$$\int_{V_0} \varphi_k \left(\rho_0 \frac{\partial \mathbf{v}(\mathbf{r}_0,t)}{\partial t} \right) dV_0 + \int_{V_0} \nabla \varphi_k \cdot \mathbf{P}(\mathbf{r}_0,t) dV_0 - \int_{\Gamma_0} \varphi_k \mathbf{p}_0(\mathbf{r}_0,t) d\Gamma_0 = 0. \quad (11')$$

Здесь тензор напряжений Пиолы $\mathbf{P} = \mathbf{J}\mathbf{F}^{-1} \cdot \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{F}^T$ [11,12]. В силу громоздкости формулировки всех разрешающих уравнений в пакете Comsol Multiphysics для иллюстрации приведем лишь подынтегральные выражения для модуля твердотельной механики (solid) и модуля теплопроводности (ht). Данные выражения приведены для потенциальных пользователей пакета, в частности, будут полезны студентам и аспирантам при освоении пакета.

Уравнению баланса количества движения (10') соответствует выражение *solid.rho*(- solid.u_ttX * test(u) - solid.u_ttY * test(v) - solid.u_ttZ * test(w)) - solid.PxX * test(solid.gradUxX) - solid.PxY * test(solid.gradUxY) - solid.PxZ * test(solid.gradUxZ) - solid.PyX * test(solid.gradUyX) - solid.PyY * test(solid.gradUyY) - solid.PyZ * test(solid.gradUyZ) - solid.PzX * test(solid.gradUzX) - solid.PzY * test(solid.gradUzY) - solid.PzZ * test(solid.gradUzZ)*.

Операторы *test(u)*, *test(v)*, *test(w)* соответствуют функциям формы φ_k представления (7).

Для уравнения баланса энергии (11') используется выражение (*ht.dflux_materialX * test(TX) + ht.dflux_materialY * test(TY) + ht.dflux_materialZ * test(TZ)) * ht.d - ht.C_eff_material * ht.timeDerivative_material * test(T) * ht.d с мультифизической связью (tel)* для теплового потока $-Q$: (*solid.T * (-d(tel.Msl11,TIME) * tel.alphat11 - 2 * d(tel.Msl12,TIME) * tel.alphat12 - 2*d(tel.Msl13,TIME) * tel.alphat13 - d(tel.Msl22,TIME) * tel.alphat22 - 2*d(tel.Msl23,TIME) * tel.alphat23 - d(tel.Msl33,TIME) * tel.alphat33)) * test(solid.T_nointp) * ht.d*). Здесь *test(T)* соответствует разложению температуры по функциям φ_k (6), а выражения *test(TX)*, *test(TY)*, *test(TZ)* – разложению градиента температуры по функциям $\nabla \varphi_k$.

Силовые граничные условия (ГУ) задаются условием равенства нулю поверхностных интегралов и в нотации пакета имеют следующие выражения: *solid.bndl1.F_Ax * test(solid.bndl1.ux) + solid.bndl1.F_Ay * test(solid.bndl1.uy) + solid.*

$bndl1.F_Az * test(solid.bndl1.uz)$, где $\{F_Ax, F_Ay, F_Az\}$ – вектор поверхностной силы, $bndl1$ – имя объекта, отвечающего силовому ГУ. Кинематические граничные условия задаются в форме ограничений, например, для условия перемещения $u_x = u01$ ограничение имеет выражение: $solid.displ.U01 - solid.displ.ux$. Здесь $displ$ – имя объекта, отвечающего кинематическому ГУ.

На каждом временном шаге с использованием неявной схемы интегрирования по времени и ассемблирования по конечным элементам получается система нелинейных уравнений для узловых значений (6)-(7), которые вычисляются эффективным решателем PARDISO на каждом шаге по времени.

Пользователю предоставляется возможность дополнить выражения в ослабленной формулировке, например, на основе собственных дополнительных уравнений. Также в пакете есть возможность описания полностью собственной модели с использованием модуля Weak Form PDE.

Верификация численного решения задачи термоупругости

Термоупругий эффект при деформировании твердого тела был открыт Джоулем и описан в 1853 г. У. Томпсоном [10]. В диапазоне напряжений до 10 ГПа эффект термоупругости является хоть и малым, но существенным для прикладных

задач [13]. Классическая формула У. Томпсона (лорда Кельвина) для определения изменения температуры от приложенного внешнего одноосного напряжения имеет следующий вид:

$$\frac{\Delta T}{T} = -\frac{\alpha}{\rho C} \Delta \sigma, \quad (12)$$

где T и ΔT – температура и ее изменение, α – коэффициент линейного термического расширения (для изотропного материала тензор $\alpha = \alpha \mathbf{I}$), ρ – плотность, C – удельная теплоемкость, σ – изменение продольных напряжений.

Формулу (12) при постоянных свойствах среды можно представить в дифференциальной форме

$$\frac{\dot{T}}{T} = -\frac{\alpha}{\rho C} \dot{\sigma}, \quad (13)$$

которая также соответствует формуле для производства тепла $Q = \rho C \dot{T} = -\partial \sigma / \partial t : \alpha T$.

Проинтегрируем уравнение (13) и получим более точную оценку конечной температуры:

$$T = T_0 e^{-\frac{\alpha}{\rho C} \sigma}. \quad (14)$$

Следует отметить, что связанная постановка (1)-(3) является нелинейной в силу перекрестного влияния в источнике Q , а с учетом (14) и связи напряжений с температурными (объемными) деформациями скорость распространения продольных и объемных волн будет зависеть от $\nabla \cdot \mathbf{u}$ следующим образом [2]

$$U_l = \rho^{-1/2} \left(K + 4G/3 + \frac{9K^2 \alpha^2}{\rho C} T_0 \exp\left(-\frac{3K\alpha}{\rho C} \nabla \cdot \mathbf{u}\right) \right)^{1/2}, \quad (15)$$

$$U_b = \rho^{-1/2} \left(K + \frac{9K^2 \alpha^2}{\rho C} T_0 \exp\left(-\frac{3K\alpha}{\rho C} \nabla \cdot \mathbf{u}\right) \right)^{1/2}. \quad (16)$$

Здесь учтена связь объемного модуля K и сдвигового модуля G с параметрами Ламе. При этом волны с меньшими градиентами перемещений распространяются быстрее, что приводит к их дисперсии и нелинейности [2].

Для процедуры верификации рассматривалась задача растяжения образца размером $10 \times 1 \times 1$ мм³. Свойства задавались для изотропного материала и были выбраны модельными со следующими значениями: $E=200$ ГПа, $\nu=0.3$, $\rho_0=7800$ кг/м³, $\lambda=100$ Вт/(м·К), $C=462$ Дж/(кг·К), $\alpha=10^{-5}$ К⁻¹. Начальные условия являлись однородными. Начальные напряжения равны нулю. Начальная температура была равна 293 К. Один торец был зафиксирован вдоль оси растяжения, на втором задавались перемещения для пяти контрольных значений деформаций L / L_0 от 0.01 до 0.05. В качестве конечных элементов выбирались тетраэ-

дры размером порядка 0.2 мм.

Связанная нестационарная задача решалась в двух вариантах – в геометрической линейной и геометрически нелинейной постановках. Сравнение численного решения производилось с классической моделью У. Томпсона (12) и формулой (14). Для оценки погрешности численного решения методом конечных элементов приведем распределения напряжений и температуры вдоль оси растяжения образца. Время прохождения упругой волны от одного конца до другого составляет порядка микросекунды. Поэтому время расчета было выбрано равным 0.01 секунды, чтобы решение успело установиться. Характерное распределение флуктуаций напряжений $\delta\sigma = \sigma - 11127304.6$ кПа вдоль оси растяжения приведено на рис. 1. Размах флуктуаций составил 3.2 кПа, что равняется относительной погрешности $\sim 3 \cdot 10^{-5}$ %.

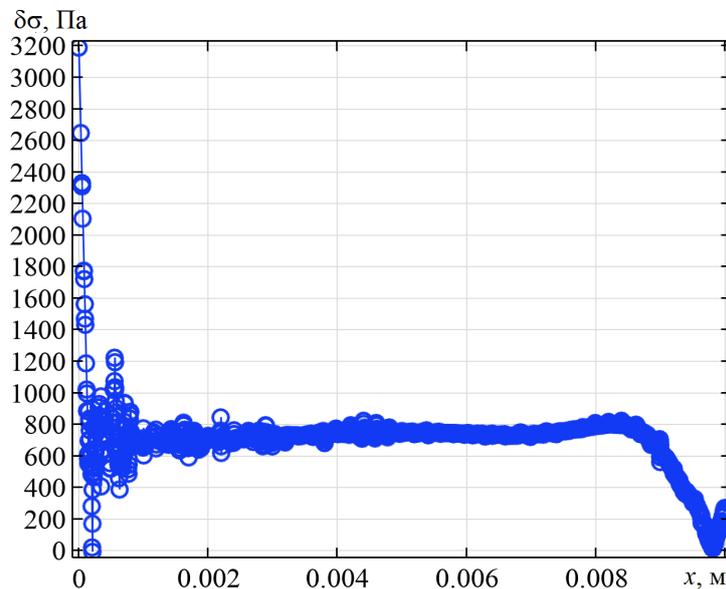


Рис.1. Распределение флуктуаций напряжений вдоль оси растяжения для конечной деформации 0.05 и момента времени 0.01 с

Распределение флуктуаций температуры $\delta T = T - 284.08$ К вдоль оси растяжения приведено на рис. 2. Размах флуктуаций температуры составил 2.2 мК, что равняется относительной погрешности $\sim 8 \cdot 10^{-4}$ %. Указанные погрешности обу-

словлены выбранной дискретизацией, а также краевыми эффектами на границах. В центре образца наблюдается более однородное распределение, среднее значение которого можно сравнивать с формулой Томпсона.

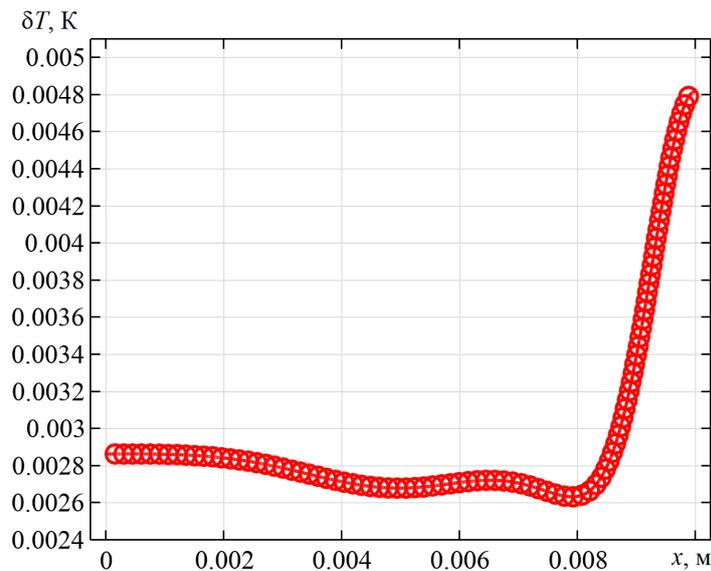


Рис.2. Распределение флуктуаций температуры вдоль оси растяжения для конечной деформации 0.05 и момента времени 0.01 с

В табл. 1 приведены значения изменения температуры для геометрически линейной задачи (ГЛ), геометрически нелинейной задачи (ГН), формул (12) и (14).

Таблица 1.

Значения изменения средней температуры (К) вследствие термоупругого эффекта

$\Delta L / L$	(ГЛ)	(ГН)	(12)	(14)
0.01	-1.62	-1.66	-1.63	-1.66
0.02	-3.24	-3.41	-3.25	-3.32
0.03	-4.84	-5.21	-4.88	-4.97
0.04	-6.44	-7.10	-6.52	-6.60
0.05	-8.03	-9.07	-8.13	-8.23

Из приведенных данных в таблице все значения изменения температуры при упругом деформировании твердого тела в диапазоне деформаций от 0.01 до 0.05 согласуются с классической формулой Томпсона (12) и уточненной формулой (14). Учет геометрической нелинейности позволяет получить значения более близкие к уточненной формуле. Погрешность составила не более 1%, поэтому процедуру верификации на основе эталонной задачи можно считать выполненной.

Аналитическое решение нелинейной задачи теплопроводности

Термомеханические и теплофизические свойства материалов из графита или композиций на основе углерода являются нелинейными и зависят от изменения температуры, плотности и напряженно-деформированного состояния [8,14]. Математические постановки нелинейных задач теплопереноса в углеродных материалах должны учитывать физико-химические явления, в том числе их

анизотропию и структурную неоднородность. При решении задач особое внимание уделяется конечности скорости распространения тепла, а асимптотические решения удается найти лишь на фронте волны [14].

Аналитическое решение строится для уравнения теплопроводности для среды с нелинейными свойствами методом автономной редукции [15]. Для нелинейных параболических уравнений в отличие от линейной постановки отсутствует принцип суперпозиции решений, свойства нелинейной среды характеризуются возникающими пространственно-временными масштабами, не зависящими от внешних воздействий. Поэтому анализ каждого вида нелинейного уравнения требует отдельного внимания.

Квазилинейное одномерное параболическое уравнение теплопроводности записывается для энергии

$$u = \int_{T_0}^T \rho(\theta)C(\theta)d\theta$$

с нелинейным коэффициентом теплопроводности $\lambda / \rho C = k(u) = k_0 u^{-n}$ в безразмерном виде

$$\partial u / \partial t = \partial(k_0 u^{-n} \partial u / \partial x) / \partial x, \quad (17)$$

$$u|_{t=0} = u_0, \quad (18)$$

$$k(u) \partial u / \partial x|_{x=0} = q_0, \quad (19)$$

$$\partial u / \partial x|_{x=1} = 0. \quad (20)$$

На одном конце задается интенсивный тепловой поток q_0 , на другом – нулевой поток тепла. Решение строится в форме волны $u(x,t) = V(a(x-ct))$, где a и c – константы. Подставляя функцию $V()$ в (6) и опуская промежуточные выкладки, получим обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$cV' = ak_0 V^{-1-n} (-nV'^2 + VV''). \quad (21)$$

Аналитическое решение данного дифференциального уравнения удается найти только для некоторых значений n . Например, для $n=1$ оно выражается отношением экспоненциальных функций, которое также может быть представлено через гиперболический тангенс, а для $n=1/2$ имеет вид гиперболического тангенса в четвертой степени.

При $n=1$ уравнение (17) можно переписать в следующем виде $u_t = k_0 \Delta \ln u$, известном как уравнение быстрой диффузии [16-19]. Аналитическое решение данного уравнения в виде распространяющегося фронта как функция от волновой переменной $a(x-ct)+d$ имеет следующий вид:

$$u = k_0 \frac{a}{c} \left(1 + \text{th}(-a(x-ct) + d) \right). \quad (22)$$

С учетом представления гиперболического тангенса через экспоненты от волновой переменной имеем другое представление этого же решения:

$$u = k_0 \frac{a^*}{c \left(1 + \exp(-a^*(x-ct) + d) \right)}, \quad (a^*=2a) \quad (23)$$

Решение в форме распространяющегося фронта вида (23) встречается в работах [20-22]. Следует отметить, что уравнение $u_t = \Delta \ln u$ является предельным случаем уравнения $u_t = \Delta(u^m/m)$ при $m \rightarrow 0$ (сингулярное уравнение диффузии), которое используется для описания нелинейной диффузии в пористых средах [23, 24]. Указанное уравнение также допускает существование решения в форме распространяющегося фронта [25].

При количественном сравнении с аналитическим решением термоупругим эффектом можно пренебречь, так как он незначительный по сравнению с достигаемыми значениями температуры при

интенсивном нагреве. Поэтому в задаче валидации производилось сравнение только температурных полей. Численно решались уравнения (1)-(5) со свойствами материала, взятыми из работы [8]. В частности, температуропроводность материала представлялась в виде обратной от температуры зависимости $k = \lambda / \rho C = k_0 T_0 / T$ [м²/с]. Здесь k_0 задает начальную температуропроводность при начальной температуре T_0 . Задача решалась

для тонкого слоя толщиной 1 мм, на одной стороне которого был задан интенсивный нагрев мощностью 30 ГВт/м², остальные границы теплоизолированные. Все границы были свободными от напряжений. Начальные условия выбирались однородными с начальной температурой T_0 и нулевыми напряжениями. Качественное сравнение численного и аналитического решений приведено на рис. 3 и 4.

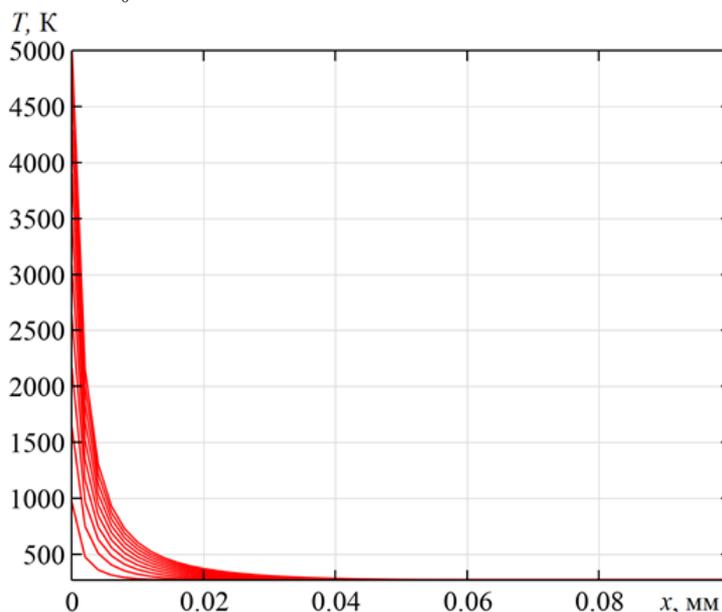


Рис. 3. Численное решение нестационарной задачи термоупругости для среды с нелинейными свойствами в различные моменты времени

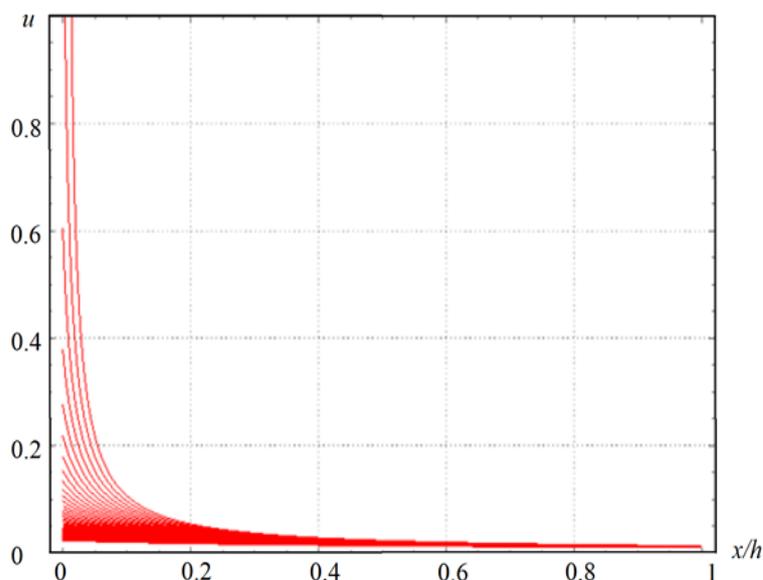


Рис. 4. Аналитическое решение нелинейного уравнения теплопроводности в различные моменты времени для приповерхностного слоя

Численное моделирование интенсивного нагрева поверхности со степенной зависимостью коэффициента теплопроводности от температуры позволило по-

лучить режим интенсивного роста температуры, что также подтверждается сравнением с аналитическим решением (рис. 5).

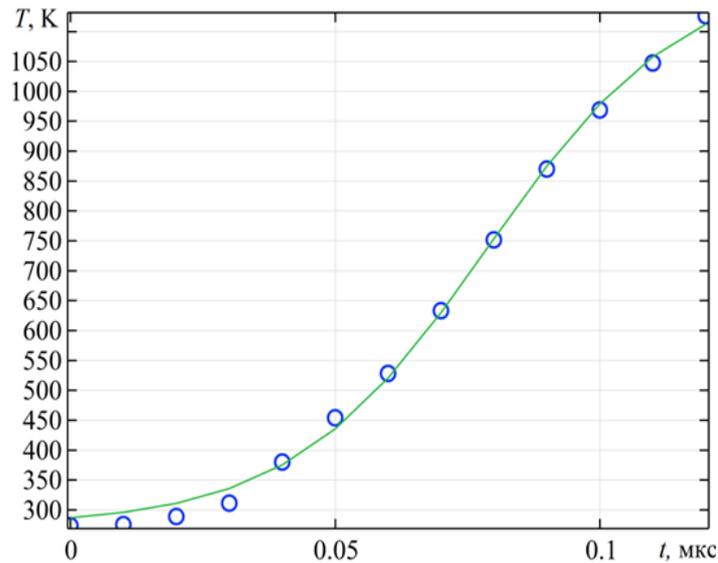


Рис. 5. Сравнение численного (маркеры) и аналитического (линия) решений для значения температуры на границе интенсивного нагрева

Выводы

В работе представлена математическая постановка нестационарной задачи термоупругости с учетом нелинейных свойств материала, а также геометрической нелинейности. В качестве численного метода решения использовался метод конечных элементов. Верификация численного решения выполнена для эталонной задачи одноосного растяжения образца из изотропного линейно-упругого материала. Сравнение проводилось с классической формулой Томпсона и ее дифференциальным аналогом. Получено соответствие результатов численного моделирования как для геометрически линейной постановки, так и для геометрически нелинейной постановки. Таким образом, для оценки термоупругого эффекта может использоваться

классическая формула Томпсона. При численном моделировании желательно использовать геометрически нелинейную постановку, которая дает более близкие значения изменения температуры с уточненной формулой (14).

Дополнительно выполнена валидация на основе сравнения результатов численного решения задачи интенсивного нагрева приповерхностного слоя с аналитическим решением для нелинейного уравнения теплопроводности (при $n=1$). Разработанная математическая модель интенсивного нагрева термоупругого материала с нелинейными свойствами реализована в пакете прикладных программ Comsol Multiphysics. Получено хорошее соответствие численного и аналитического решений.

Библиографический список

1. *Богов И.А.* Плоские задачи термоупругости в газотурбостроении. – Ленинград: Ленинградский университет, 1984. – 192 с.
2. *Бородин П.Ю., Галанин М.П.* Динамическая связанная задача термоупругости в различных пространственных приближениях // Математическое моделирование. – 1998. – Т. 10. – №. 3. – С. 61-82. <https://www.mathnet.ru/rus/mm1259>
3. *Шляхин Д.А., Кальмова М.А.* Связанная нестационарная задача термоупругости для длинного полого цилиндра // Инженерный вестник Дона. – 2020. – №. 3 (63). – С. 9.
4. *Кусаева Ж.М.* Решение осесимметричной задачи термоупругости для круглой пластины с учетом связанности термоупругих полей // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2021. – №. 3 (48). – С. 3-10. <https://journals.dvfu.ru/vis/article/view/196>
5. *Иванычев Д.А.* Исследование задачи термоупругости для трансверсально-изотропного тела вращения // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2024. – Т. 21. – №. 2. – С. 35-45. <https://doi.org/10.31429/vestnik-21-2-35-45>
6. *Шляхин Д.А., Кусаева Ж.М.* Решение связанной нестационарной задачи термоупругости для жесткозакрепленной многослойной круглой пластины методом конечных интегральных преобразований // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Физико-математические науки. – 2021. – Т. 25. – №. 2. – С. 320-342. <https://doi.org/10.14498/vsgtu1797>
7. *Ватульян А.О., Нестеров С.А., Юров В.О.* Решение задачи градиентной термоупругости для цилиндра с термозащитным покрытием // Вычислительная механика сплошных сред. – 2021. – Т. 14. – №. 3. – С. 253-263. <https://doi.org/10.7242/1999-6691/2021.14.3.21>
8. *Станкус С.В., Савченко И.В., Агажанов А.Ш., Яцук О.С., Жмуриков Е.И.* Теплофизические свойства графита МПГ-6 // Теплофизика высоких температур. – 2013. – Т. 51, выпуск 2. – С. 205-209. <https://energy.ihed.ras.ru/arhive/article/75>
9. *Беляев В. В., Наймарк О. Б.* Кинетика многоочагового разрушения при ударно-волновом разрушении // Докл. АН СССР. – 1990. – Т. 312. – №. 2. – С. 289-293.
10. *Thompson W. (Lord Kelvin).* Trans. Roy. Soc. Edinburgh. – 1853. – 20, 261 p.
11. *Келлер И.Э.* Механика сплошной среды: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2022. – 260 с.
12. *Коробейников С.Н.* Естественные тензоры напряжений // ПМТФ. – 2001. – Т. 42, выпуск 6. – С. 152–158. https://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=119999&ARTICLE_ID=122887
13. *Гиляров В.Л., Слуцкер А.И.* Описание термоупругого эффекта в твердых телах в широкой области температур // Физика твердого тела. – 2014. – Т. 56. – №. 12. – С. 2407-2409. <http://journals.ioffe.ru/articles/41131>
14. *Астапов А.Н., Жаворонок С.И., Курбатов А.С., Рабинский Л.Н., Тушавина О.В.* Основные проблемы при создании систем тепловой защиты на базе структурно-неоднородных материалов и методы их решения // Теплофизика высоких температур. – 2021. – Т. 59. – №. 2. – С. 248-279. <https://doi.org/10.31857/S0040364421020010>
15. *Самарский А.А., Галактионов В.А., Курдюмов С.П., Михайлов А.П.* Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений. – М.: Наука. – 1987. – 480 с.
16. *Vazquez J. L.* Nonexistence of solutions for nonlinear heat equations of fast-diffusion type // Journal de mathématiques pures et appliquées. – 1992. – Т. 71. – №. 6. – С. 503-526.
17. *Rosenau P.* Fast and superfast diffusion processes // Physical review letters. – 1995. – Т. 74. – №. 7. – С. 1056. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.74.1056>
18. *Семенов Э.И.* Свойства уравнения быстрой диффузии и его многомерные точные решения // Сибирский математический журнал. – 2003. – Т. 44. – №. 4. – С. 862-869. <https://doi.org/10.1023/A:1024740724807>
19. *Косов А.А., Семенов Э.И.* Новые точные решения уравнения диффузии со степенной нелинейностью // Сибирский математический журнал. – 2022. – Т. 63. – №. 6. – С. 1290-1307. <https://doi.org/10.33048/smzh.2022.63.610>
20. *Аристов С.Н., Мясников В.П.* Нестационарные трехмерные структуры в приповерхностном слое океана // Доклады Академии наук. – Российская академия наук, 1996. – Т. 349. – №. 4. – С. 475-477. <https://www.mathnet.ru/rus/dan50139>
21. *Аристов С.Н.* Периодические и локализованные точные решения уравнения $ht = \Delta \ln h$ // Прикладная механика и техническая физика. – 1999. – Т. 40. – №. 1. – С. 22-26. <https://doi.org/10.1007/BF02467967>

22. Popovych R.O., Vaneeva O.O., Ivanova N.M. Potential nonclassical symmetries and solutions of fast diffusion equation // *Physics Letters A*. – 2007. – Т. 362. – №. 2-3. – С. 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2006.10.015>
23. Hui K.M. Nonexistence of Fundamental Solutions of the Equation $u_t = \Delta \ln u$ // *Journal of mathematical analysis and applications*. – 1994. – Т. 182. – №. 3. – С. 800-809. <https://doi.org/10.1006/jmaa.1994.1122>
24. Daskalopoulos P., del Pino M. A. On a singular diffusion equation // *Communications in Analysis and Geometry*. – 1995. – Т. 3. – №. 3. – С. 523-542.
25. Vázquez J. L. *The porous medium equation: mathematical theory*. – Oxford university press, 2007. https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:24027827

VERIFICATION AND VALIDATION OF NUMERICAL SIMULATION METHODS OF THERMOELASTIC DEFORMATION OF SOLIDS

Bayandin Yu.V.

Institute of Continuous Media Mechanics UB RAS

For citation:

Bayandin Yu.V. Verification and validation of methods of numerical simulation of thermoelastic deformation of a solid // *Perm Federal Research Center Journal*. – 2025. – № 1. – P. 6–17. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.1>

Related non-stationary formulations of thermoelasticity problems arise in many fields of science and engineering. Analytical solutions are obtained only under significant assumptions, including reduction in the dimensionality of the problem, so numerical methods are required for applied problems, along with those software packages that check reliability procedures of verification and validation. Verification is understood as checking the correctness of hypotheses and the formulation of the mathematical formulation, setting correct initial and boundary conditions, choosing a discrete analog and a numerical solution method, taking into account sources of errors and faults. The verification is confirmed by a sufficiently accurate correspondence of the numerical solution to the reference model. The relevance lies in the choice of a suitable reference model. In the present work, the reference model for the thermoelasticity problem is the classical Thompson formula, which describes the temperature change during elastic deformation of a solid body. The error of the numerical solution for the reference problem was of the order of 1% for five characteristic strain values from 0.01 to 0.05. Validation complements the verification procedure and is based on comparison with reliable experimental data or, in their absence, with known analytical solutions. The aim of the work is to carry out verification and validation procedures for the numerical solution of the unsteady problem of thermoelasticity of a deformable solid. The finite element method in the Comsol Multiphysics application package was used. A satisfactory correspondence between the numerical solution and the known analytical solution for the nonlinear heat conduction equation was obtained.

Keywords: deformable solid body, thermoelasticity, nonlinear properties, coupled problem, finite element method.

Сведения об авторе

Баяндин Юрий Витальевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт механики сплошных сред УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИМСС УрО РАН»), 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика Королёва, д. 1, e-mail: buv@icmm.ru

Материал поступил в редакцию 30.10.2024

ВЛИЯНИЕ ДОСВЕТКИ (730 НМ) НА УСООБРАЗОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ЗЕМЛЯНИКИ КРУШНОПЛОДНОЙ*

Т.Н. Лисина, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Е.М. Протасова, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Для цитирования:

Лисина Т.Н., Протасова Е.М. Влияние досветки (730 нм) на усообразование и содержание фотосинтетических пигментов в листьях земляники крупноплодной // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 18–26. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.2>

Освещение и его характеристики (продолжительность светового дня, спектральный состав источника освещения) являются фактором, с помощью которого, по данным научной литературы, можно контролировать развитие земляники крупноплодной, общий урожай плодов, количество сформированных листьев и цветоносов. Соотношение доли красного (660 нм) и дальнего красного света (730 нм) в общем освещении влияет на состав плодов земляники, увеличивает площадь листа и длину цветоноса. Целью исследования было определение влияния досветки дальним красным светом на процесс усообразования и содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях шести сортов земляники крупноплодной. Установлено снижение содержания основных фотосинтетических пигментов в листьях пяти сортов земляники (Сибилла, Альбион, Фурор, Сандра, Чамора Туруси) при досветке дальним красным светом, что объясняется эффектом «разбавления» при более активном росте. Показана перспективность использования досветки дальним красным светом для усиления процесса усообразования относительно четырех сортов земляники: Сибилла, Альбион, Сандра, Чамора Туруси. Отмечено повышение количества усов на 80-е сутки эксперимента: у растений сорта Сибилла – 225%, у растений сорта Сандра – 157%, у растений сорта Чамора Туруси – 288%. Результаты могут быть применены при получении рассады земляники неремонтантных сортов и, возможно, некоторых ремонтантных, например, сорта Альбион.

Ключевые слова: земляника садовая, дальний красный свет, хлорофилл, каротиноиды, усообразование.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, регистрационный номер НИОКТР 122031100058-3.

Введение

Земляника ананасная или земляника садовая, крупноплодная – *Fragaria ananassa* – многолетнее травянистое растение рода Земляника семейства Розовых. Это широко распространенная ягодная культура, отличающаяся способностью к быстрому вегетативному размножению, скороплодностью, высокой урожайностью и пластичностью. Земляника крупноплодная является весьма востребованной культурой в Российской Федерации. Она обладает приятными вкусовыми качествами, содержит большой набор витаминов, микроэлементов и органических кислот.

Освещение играет большую роль для продуктивности растений и повышения эффективности размножения. В литературе представлены многочисленные данные о том, что спектральный состав источника света можно использовать для контроля роста и морфогенеза тканей и органов растений, в том числе и земляники. В видимой части спектра выделяют синий свет (длина волны 400-500 нм), зеленый свет (500-600 нм), красный свет (600-700 нм) и дальний красный свет (700-800 нм).

Экспериментально доказано, что искусственное освещение может быть успешно использовано на этапе укоренения и адаптации растений-регенерантов земляники крупноплодной [1]. Наиболее интенсивно процесс пролиферации побегов земляники садовой проходит при освещении светодиодными светильниками с преобладанием в спектре красного света [2].

Установлена зависимость результата укоренения земляники садовой от сочетания параметров освещения и состава питательной среды [3]. Для получения наибольшего числа микророзеток растений-регенерантов земляники садовой в условиях культуры *in vitro* целесообразно

использовать полный спектральный свет, то есть содержащий длины волн от 400 до 800 нм [4].

Расчет уровня рентабельности показал, что применение освещения с преобладанием излучения в красной и синей областях спектра в период культивирования эксплантов *in vitro* экономически выгодно и позволяет повысить прибыль от реализации розеток земляники в 1,5 раза по сравнению с общепринятой технологией [5].

Выявлено последствие спектрального состава света, используемого на этапе культивирования *in vitro*, на генеративную и вегетативную продуктивность растений земляники в полевых условиях. Культивирование эксплантов при освещении красным и синим светом способствовало увеличению числа листьев и усов у растений земляники в полевых условиях по сравнению с контролем. Отмечена сортоспецифическая реакция растений на освещение светом различного спектрального состава [6].

Фитохромы являются фоторецепторами красной части спектра и уникальны тем, что у них есть красная светопоглощающая форма (Pr) и дальняя красная светопоглощающая форма (Pfr), которые фотообратимы. Неактивная форма Pr может поглощать красный свет (с максимальным значением при 660 нм) и преобразовываться в форму Pfr, в то время как активная форма Pfr может поглощать дальний красный свет (с максимальным значением при 730 нм). Экспериментально показано, что при регуляции в освещении соотношения красного и дальнего красного света можно влиять на удлинение тканей и накопление антоцианов в растениях, в частности, в землянике [7].

По данным научной литературы, дополнительное дальнее красное освещение способствует увеличению площади листьев и сухой массы побегов земляники на

74% и 73% соответственно, а количества коронок на растении земляники на 33%. Добавление дальнего красного света в спектр освещения способно увеличить количество собранных плодов с растения на 36%, общий урожай плодов на 48% и общее содержание растворимых сухих веществ в плодах на 12% у клубники сорта [8].

Повышенная доля красного света в спектре светодиодных ламп способствует более раннему переходу сортов земляники к бутонизации [9]. Установлено, что при доле дальней красной составляющей не менее 15% в излучении происходит увеличение площади листа и длины цветоносов земляники [10].

С помощью дальнего красного света было успешно экспериментально индуцировано цветение земляники [11]. Продемонстрировано, что посредством досветки дальним красным в конце светового дня можно регулировать время

цветения земляники [12]. Экспериментально показано, что, манипулируя дополнительным световым спектром в области 730 нм, можно ослабить физиологические последствия стрессов [13].

Цель исследования – изучение влияния досветки дальним красным светом (730 нм) на активность усообразования и содержание фотосинтетических пигментов в листьях земляники садовой.

Материалы и методы

Объект исследования – шесть сортов земляники крупноплодной (*Fragaria ananassa* Duch). Предположительно, данная культура является гибридом *F. chiloensis* Duch. × *F. virginiana* Duch. [14]. Земляника крупноплодная дала начало большинству сортов, которые культивируются в настоящее время во всём мире. Для исследования были выбраны 6 сортов (табл. 1).

Таблица 1.

Характеристика исследуемых сортов Земляники крупноплодной (*Fragaria ananassa* Duch)

Сорт	Селекция	Ремонтантность	Образование усов
Сибилла	Италия	нет	низкое
Альбион	США	да	низкое
Фурор	Голландия	да	низкое
Крапо	Италия	да	низкое
Сандра	Италия	нет	высокое
Чамора Турруси	Япония	нет	низкое

Семена были обработаны раствором Эпин-экстра (1 мл на 2 л воды) и посеяны на смесь вермикулита с низинным торфом (3:5). Стратифицировали семена в климатической камере при температуре +4°C и влажности воздуха 90% в темноте в течение двух недель. По истечении 14 дней произвели пикирование в торфяной грунт на стадии трех настоящих листьев. Минеральный состав грунта на 100 г вещества: азот – 1000 мг; фосфор – 350 мг;

калий – 350 мг; гуминовые кислоты – 4,5%. После пикирования растения земляники были перемещены в сконструированный сотрудниками лаборатории агробиофотоники гроубокс из двух секторов. Сектора гроубокса оснащены светодиодными фитосветильниками ECOLED-BIO-37-RF-D120-F-Trade IP65 (4000K), со следующим спектральным составом: PFD-R – 39,65%; PFD-B – 17,31%; PFD-G – 43%; PFD-FR – 3,8%.

В контрольном секторе используется только вышеуказанное освещение, а в экспериментальном секторе размещены добавочные светодиоды 730 нм (рис. 1). Таким образом, соотношение красного и дальнего красного света в контрольном секторе составляло 9,96, а в экспериментальном секторе – 0,52.

Фотопериод 16/8 часов обеспечивался механическим таймером Systec. Полив по 50 мл проводили каждые 3–4 дня. Опреде-

ление содержания фотосинтетических пигментов и регистрацию количества вегетативных побегов (усов) проводили на 40-е и 80-е сутки после пикирования. Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрическим методом при длинах волн 665, 649 и 440 нм в спиртовой вытяжке, в трехкратной повторности. Для расчета концентрации хлорофиллов а, b и каротиноидов использовали формулы Винтерманса де Мотса [15].

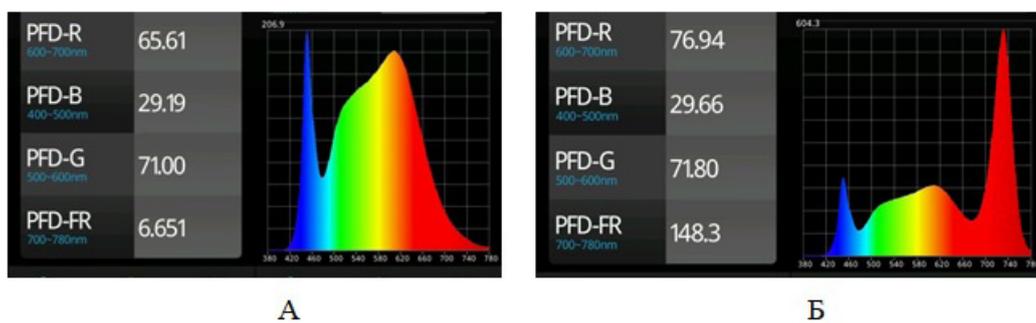


Рис 1. Спектральный состав освещения в секторах гроубокса. А) сектор контрольный (KC/ДКС = 9.9); Б) сектор экспериментальный (KC/ДКС = 0.5). PFD-R – поток фотонов в “красной зоне”, мкмоль/(м² с). PFD-B – поток фотонов в “синей зоне”, мкмоль/(м² с). PFD-G – поток фотонов в “зеленой зоне”, мкмоль/(м² с). PFD-FR – поток фотонов в “дальней красной зоне”, мкмоль/(м² с).

Результаты и их обсуждение

Традиционно растения земляники размножают вегетативным способом. Этот способ в отличие от семенного размножения сохраняет сортовые качества и является экономичным. При культивировании земляники с целью получения плодов вегетативные побеги (усы) следует удалять, а при культивировании с целью вегетативного размножения следует редуцировать цветоносы. Существует потребность в оперативном получении посадочного материала в больших количествах перед сезоном высадки земляники крупноплодной в открытый грунт. В данном эксперименте проверяется гипотеза о том, что дополнительный дальний красный свет в спектре освещения будет приводить к стимуляции процесса усообразования.

Растения земляники развивались

успешно в обоих секторах гроубокса (рис. 2).

На 40-е сутки и 80-е в данном эксперименте осуществлялся подсчет вегетативных побегов (усов) с последующим их удалением. Результаты подсчета вегетативных побегов приведены в табл. 2.

В секторе с досвечиванием дальним красным светом был существенно простимулирован процесс усообразования у всех неремонтантных сортов земляники, исследованных в данной работе. На 80-е сутки эксперимента у растений в экспериментальном секторе количество усов на одно растение достигало значений в два и более раза превышающих те, что у растений в контрольном секторе. Превышение количества усов составило для растений сорта Сибилла 225%, для растений сорта Сандра 157%, для растений сорта Чамора Туруси 288%.

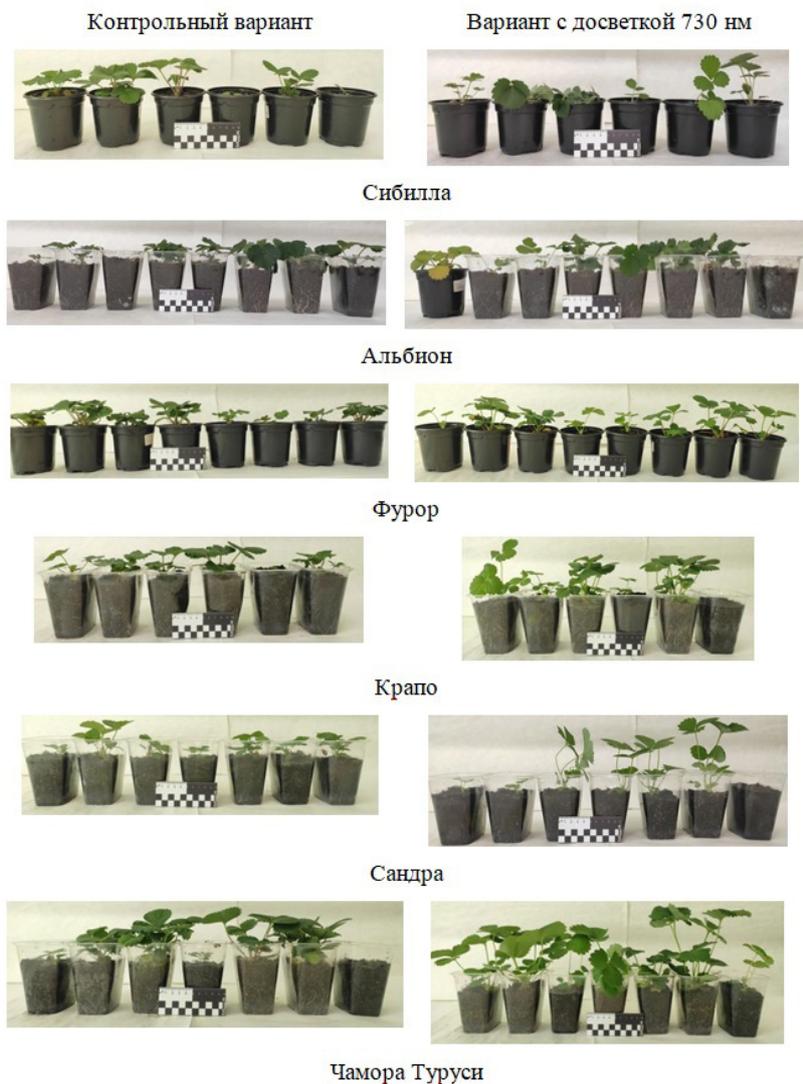


Рис. 2. Внешний вид исследуемых растений на 40-й день исследования

Таблица 2.

Количество сформировавшихся усов в варианте опыта в пересчете на одно растение земляники крупноплодной

Название сорта	40-е сутки		80-е сутки	
	контроль	эксперимент	контроль	эксперимент
Сибилла	0,33 ± 0,21	0,70 ± 0,33	1,33 ± 0,21	3,0 ± 0,26*
Альбион	0,23 ± 0,12	0,65 ± 0,16*	1,13 ± 0,48	1,40 ± 0,42
Фурор	0,50 ± 0,19	0,50 ± 0,33	0,88 ± 0,35	0,88 ± 0,35
Крапо	0,40 ± 0,21	0,17 ± 0,16	0,42 ± 0,17	0,33 ± 0,21
Сандра	0,14 ± 0,14	0,60 ± 0,30	2,0 ± 0,44	3,14 ± 0,26*
Чамора Турусн	1,29 ± 0,18	2,30 ± 0,36*	0,90 ± 0,46	2,60 ± 0,81*

Примечание: * - отличия значимо достоверны по сравнению с контрольным вариантом.

У растений сорта Чамора Туруси достоверно большее количество усов в экспериментальном секторе по сравнению с контрольным наблюдалось и на 40-е сутки эксперимента, и на 80-е. У растений сортов Сибиλλα и Сандра только на 80-е сутки. Отмечен статистически достоверно повышенный показатель усообразования у ремонтантного сорта Альбион: на 40-е сутки – 283%. На 80-е сутки разница в активности усообразования у него же была менее значима: всего 124 %.

Значимого увеличения активности процесса усообразования при досветке дальним красным светом у ремонтантных сортов земляники Фурор и Крапо не зафиксировано.

Также на 40-е и 80-е сутки было проведено лабораторное определение содержания основных фотосинтетических пигментов: хлорофилл а, хлорофилл в, каротиноиды. Графические результаты определения содержания пигментов представлены на рис. 3.

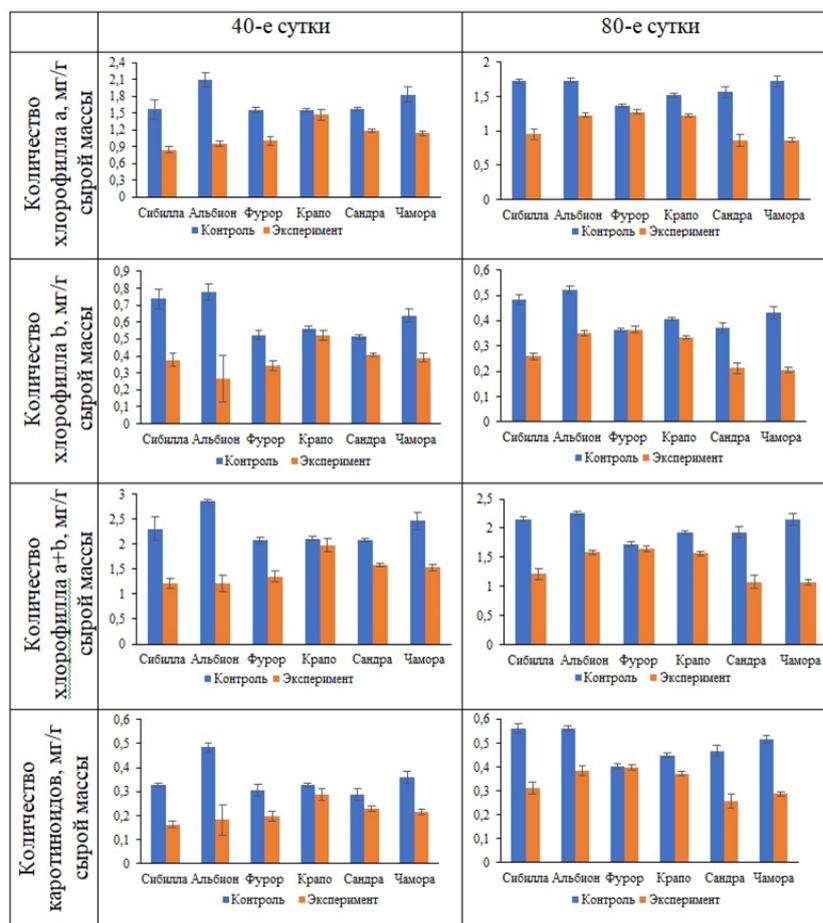


Рис. 3. Содержание основных фотосинтетических пигментов в листьях земляники садовой на 40-е и 80-е сутки

По содержанию фотосинтетических пигментов можно судить о фотосинтетическом потенциале сорта. Существует мнение, что суммарный показатель содержания хлорофилла в листьях растений является одним из определяющих параметров чистой продуктивности фотосин-

теза [16, 17], в значительной степени коррелирует с показателем интенсивности фотосинтеза. Исследования, проведенные на землянике, указывают на аналогичную зависимость [4]. Как и содержание хлорофилла, содержание каротиноидов варьируется у разных растений при

увеличении доли дальнего красного света [14].

За исключением растений земляники сорта Крапо, у растений, изученных в данном исследовании, наблюдалось достоверное снижение концентрации хлорофиллов и каротиноидов. Снижение концентрации хлорофиллов в листьях является почти универсальной реакцией на облучение дальним красным светом среди широкого круга видов. Было предложено несколько гипотез снижения содержания хлорофилла: 1) эффект «разбавления», когда под действием дальнего красного света происходит расширение листьев, и 2) прямое влияние на биосинтез хлорофилла из-за уменьшения количества фитохромов формы (Pfr) относитель-

но общего количества фитохромов [21]. Стимулирующий эффект дальних красных фотонов на расширение листьев, вероятно, способствовал «разбавлению» содержания пигментов на единицу массы листа. Данный эффект необязательно рассматривать, как негативный и ведущий к замедлению развития растений. В данном случае это объясняется перераспределением ресурсов растений для образования вегетативных побегов.

Таким образом, досветка дальним красным светом может быть успешно применена при получении рассады земляники крупноплодной неремонтантных сортов (Сандра, Сибилла, Чамора Туруси) и, возможно, для некоторых ремонтантных (Альбион).

Библиографический список

1. Мороз Д.С., Шпак М.Ю., Медведик С.Е. Последствие светодиодного освещения на продуктивность, урожайность и морфофизиологические параметры роста и развития земляники садовой *Fragaria × ananassa* (duchesne ex weston) Duchesne ex Rozier (1785) в условиях открытого грунта // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2020. – № 8 (1). – С. 139–145.
2. Чекушкина Т.Н., Барсукова Е.Н. Влияние спектрального состава света на микроклональное размножение земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) *in vitro* // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 5 (194). – С. 10–16. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-5-10-16>.
3. Маркова М.Г., Сомова Е.Н. Совершенствование клонального микроразмножения ягодных культур // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 1 (61). – С. 39–44. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-39-44>.
4. Поух Е.В., Кобринец Т.П., Иванова О.С. Оценка морфометрических показателей регенерантов подвоев и сортов сливы домашней на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* в зависимости от разных спектров света // Плодоводство: Сборник научных трудов. – Минск, 2021. – Т. 33. – С. 70–74. <https://doi.org/10.47612/0134-9759-2021-33-70-74>.
5. Беликова Н.А., Белякова Л.В., Высоцкий В.А., Алексеенко Л.В. Экономическая эффективность выращивания рассады земляники с использованием биотехнологических приемов // Садоводство и виноградарство. – 2011. – № 5. – С. 45–48.
6. Алексеенко Л.В., Высоцкий В.А., Баулина Л.В. Влияние спектрального состава света на продуктивность растений земляники в полевых условиях после культуры *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 33. – С. 3–11.
7. Gao Q., Hu S., Wang X., Han F., Luo H., Liu Z., Kang C. The red/far-red light photoreceptor FvePhyB regulates tissue elongation and anthocyanin accumulation in woodland strawberry // Horticulture Research. – 2023. – Vol. 10. – № 12. – Article uhad232. <https://doi.org/10.1093/hr/uhad232>.
8. Ries J., Park Y. Far-red light in sole-source lighting can enhance the growth and fruit production of indoor strawberries // HortScience. – 2024. – Vol. 59 (6). – P. 799–805. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17729-24>.
9. Яковцева М.Н. Фотоморфогенетическая регуляция роста и развития земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в условиях светокультуры: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., Рос. гос. аграр. ун-т, 2017. – 24 с.

10. Смирнов А.А., Прошкин Ю.А., Соколов А.В. Влияние спектрального состава оптического излучения на рост и развитие земляники садовой // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – Т. 60. – С. 74–80. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-60-74-80>.
11. Meyer P., Verlent M., Van Doorsselaere J., Bart N., Wouter S., Hytönen T., De Coninck B., Bram V. de P. Blue and far-red light control flowering time of woodland strawberry (*Fragaria vesca*) distinctively via constans (Co) and flowering locus T1 (Ft1) in the background of sunlight mimicking radiation // Environmental and Experimental Botany. – 2022. – Vol. 198. – Article 104866. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104866>.
12. Zahedi S.M., Sarikhani H. The effect of end of day far-red light on regulating flowering of short-day strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Paros) in a long-day situation // Russ J. Plant Physiol. – 2017. – Vol. 64. – P. 83–90. <https://doi.org/10.1134/S1021443717010198>.
13. Malekzadeh Shamsabad M.R., Esmaeilzadeh M., Roosta H.R., Dąbrowski P., Telesiński A., Kalaji H.M. Supplemental light application can improve the growth and development of strawberry plants under salinity and alkalinity stress conditions. // Sci Rep. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – Article 9272. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12925-8>.
14. Muneer S., Kim T.H., Choi B.C., Lee B.S., Lee J.H. Effect of CO₂, NO_x and SO₂ on ROS production, photosynthesis and ascorbate–glutathione pathway to induce *Fragaria × annasa* as a hyperaccumulator // Redox biology. – 2014. – Vol. 2. – P. 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.12.006>.
15. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. – М.: Академия, 2003. – 254 с.
16. Жидехина Т.В. Фотосинтетические основы продуктивности смородины черной // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И.В. Мичурина (1931-2001 гг.): Сборник научных трудов. – Тамбов, 2001. – Т. 1. – С. 17–180.
17. Овсянников А.А., Андреева А.Н. Компоненты продуктивности и урожайности земляники: Информ. лис. №231-82. – Тамбов, 1988. – 2 с.
18. Галиулина А.А. Восстановительная способность и фотосинтетическая активность листьев сортов земляники садовой в условиях северо-западной части Башкортостана // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 4 (98). – С. 104–106.
19. Biswal U.C., Bergfeld R., Kasemir H. Phytochrome-mediated delay of plastid senescence in mustard cotyledons: changes in pigment contents and ultrastructure // Planta. – 1983. – Vol. 157. – P. 85. <https://doi.org/10.1007/BF00394545>.
20. Гудковский В.А. Каширская Н.Я., Цуканова Е.М. Окислительный стресс – основная причина снижения продуктивности и устойчивости к вредным организмам у плодовых растений // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И.В. Мичурина (1931-2001 гг.): Сборник научных трудов. – Тамбов, 2001. – Т. 2. – С. 3–21.
21. Zhen S., Bugbee B. Substituting far-red for traditionally defined photosynthetic photons results in equal canopy quantum yield for CO₂ fixation and increased photon capture during long-term studies: implications for re-defining PAR // Front. Plant Sci. – 2020. – Vol. 11. – Article 581156. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.581156>.

**EFFECT OF SUPPLEMENTARY LIGHTING ON TENDRILS FORMATION
AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN LEAVES OF LARGE-FRUITED
STRAWBERRY**

Lisina T.N., Protasova E.M.

Perm Scientific Research Institute of Agriculture

For citation:

Lisina T.N., Protasova E.M. Effect of supplementary lighting on tendrils formation and photosynthetic pigments in leaves of large-fruited strawberry // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 1. – P. 18–26. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.2>

Lighting and its characteristics (duration of daylight hours, spectral composition of the light source) is a factor that can be used to control the development of garden strawberries (total fruit yield, number of formed leaves and peduncles). The ratio of the proportion of red (660 nm) to far red light (730 nm) in the total illumination affects strawberry fruit composition, increases leaf area and peduncle length. The aim of the study was to determine the effect of supplementary illumination with far red light on the process of tendrils formation and the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of six varieties of large-fruited strawberries. A decrease in the content of the basic photosynthetic pigments in the leaves of five strawberry varieties (Sibylla, Albion, Furor, Sandra, Chamora Turusi) was found in the case of supplementary illumination with far red light. Prospectivity of the use of supplementary illumination with far red light to enhance the process of tendrils development for four strawberry varieties: Sibylla, Albion, Sandra, Chamora Turusi, is shown. The results can be applied in obtaining strawberry seedlings of non-remontant varieties and, possibly, for some remontant varieties, for example, Albion variety.

Keywords: Fragaria ananassa, far red light, chlorophyll, carotenoids, tendrils formation.

Сведения об авторах

Лисина Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией агробиофотоники, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («Пермский НИИСХ»), 614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, д. 12; e-mail: atea2@yandex.ru

Протасова Елена Михайловна, младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники, «Пермский НИИСХ»; e-mail: 19mochalova96@mail.ru

Материал поступил в редакцию 02.12.2024

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВЕДЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ В РАЦИОН МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА*

Н.А. Морозков, *Пермский научно-исследовательский центр сельского хозяйства*

И.Н. Жданова, *Пермский научно-исследовательский центр сельского хозяйства*

Е.В. Лепихина, *Пермский научно-исследовательский центр сельского хозяйства*

Для цитирования:

Морозков Н.А., Жданова И.Н., Лепихина Е.В. Эффективность введения кормовой добавки из левзеи сафлоровидной в рацион молодняка крупного рогатого скота // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 27–36. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.3>

В статье приводятся результаты опытов по скармливанию телятам 1 – 4 месячного возраста иммуностимулирующей кормовой добавки из левзеи сафлоровидной в составе комбикорма. Плантация левзеи сафлоровидной, заложенная в 2010 году на опытном поле Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН, используется по настоящее время. Из зелёной массы левзеи сафлоровидной была приготовлена кормовая фитодобавка с последующим использованием её в научном эксперименте на молодняке крупного рогатого скота. Телятам двух опытных групп включали в состав рациона добавку в количестве 3,00 и 6,00% от массы сухого вещества концентратной части рациона. Продолжительность скармливания составляла 92 дня (с 32 по 123 день выращивания). В образце экспериментальной фитодобавки из левзеи сафлоровидной концентрация 20-гидроксиэкдизона составила 0,394 % в действующем веществе при рекомендуемом содержании 20-гидроксиэкдизона (20Е) от 0,25 до 0,45 %. Испытуемая кормовая фитодобавка повышает биологическую полноценность рационов телят. Это способствует лучшему перевариванию питательных веществ кормов животными опытными групп. Коэффициенты переваримости сухого вещества у телят I и II опытной группы были выше на 0,49 и 2,88%, органического вещества на 2,33 и 3,12%, сырого протеина на 1,57 и 2,14%, сырого жира на 1,26 и 1,77%, сырой клетчатки на 8,58 и 10,92%, БЭВ на 1,97 и 4,08% ($p < 0,05$), по сравнению с контролем. Выявлено более эффективное использование азота из кормов рациона у телят I и II опытной группы на

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021–2030 гг. по направлению «Поиск, изучение генетических источников и доноров хозяйственно-ценных признаков многолетних кормовых трав с разработкой научных основ технологий возделывания и использования, экономически значимых для регионов Нечерноземья видов и сортов сельскохозяйственных культур, в том числе, обладающих биологической активностью» (тема № 122030400198-6).

5,16% ($p < 0,01$) и 15,45% ($p < 0,001$), соответственно, по сравнению с аналогами контрольной группы. Отмечается большее использование кальция и фосфора из фактического рациона телятами I и II опытной группы на 2,31 – 2,63%, и на 1,85 – 2,47%, соответственно, по сравнению с контрольной группой. При скормливании добавки в количестве 6,00% от массы сухого вещества комбикорма коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, использование азота и минеральных веществ были выше, поэтому данная доза рекомендуется производству для включения в рацион телят КРС 1 – 4 месячного возраста.

Ключевые слова: левзея сафлоровидная, телята, кормовая фитодобавка биологически активные вещества, 20-гидроксиэкдизон, переваримость, баланс азота.

Актуальность

В последние годы на промышленных фермах по разным причинам регистрируются массовые хронические незаразные болезни молодняка крупного рогатого скота. Отставание в росте и развитии животных (выбраковка), затраты на лечение и, в конечном итоге, гибель части молодняка приводят к значительному экономическому ущербу для с.-х. производства. Наиболее часто регистрируются болезни обмена веществ, что связано, прежде всего, с нарушением технологий содержания и кормления телят, а также несовершенством естественной защиты их организма по отношению к воздействию неблагоприятных факторов. За период 2020-2024 гг., согласно сведениям о незаразных болезнях животных (форма №2-вет) по Пермскому краю, болезни обмена веществ у молодняка составляют 5-7% от общего количества поголовья. Лекарственные химические препараты, применяемые для лечения и профилактики, не всегда дают желаемые результаты в связи с адаптацией к ним большинства микроорганизмов. Для решения проблемы высокой заболеваемости молодняка в ветеринарной практике используются естественные иммуномодуляторы. Заслуживает особого внимания разработка кормовых добавок растительного происхождения, так называемых фитобиотиков,

действие которых направлено на повышение резистентности организма животных, стимуляцию физиологических процессов. Среди растений, богатых фитостероидами, особо выделяется многолетнее растение левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*) из семейства *Сложноцветные* или *Астровые*. Растение было завезено в Европу в качестве лекарственной культуры. В народной медицине его используют для повышения физической выносливости. В 1969 году Брикман и Дардымов квалифицировали левзею как один из растительных адаптогенов. Различные лекарственные препараты из левзеи обладают не только адаптогенными свойствами, но и широким спектром биологических эффектов, таких как антиоксидантная, иммуномодулирующая, противоопухолевая, противомикробная, противопаразитарная и репиллентная активность. В настоящее время экстракт *Rhaponticum carthamoides* входит в состав многих пищевых добавок. Наибольшее практическое значение, при отсутствии токсичности, для использования в кормлении скота имеют надземные листовые части. В вегетативной массе левзеи сафлоровидной, по сравнению с корневой системой, в повышенных количествах идёт синтез биологически активного вещества экдистерона (синонимы: 20-гидроксиэкдизон, 20E).

Это растение, безусловно, будет перспективным в Пермском крае, особенно как источник 20-гидроксиэкдизона, что подтверждается мнением о том, что этот вид обладает полезными терапевтическими свойствами. Неоднократно отмечался его потенциал в качестве эффективного адаптогенного растительного средства, используемого в медицинской практике и животноводстве.

Цель исследований – изучить влияние скармливания разных доз кормовой фитодобавки из левзеи сафлоровидной на переваримость кормов и белково-минеральный обмен у телят 1-4-месячного возраста чёрно-пёстрой породы КРС.

Научная новизна исследований – получены экспериментальные данные о влиянии биологически активных веществ новой для зоны Урала перспективной кормовой культуры на основные производственные показатели молодняка крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы.

Методика. Для проведения эксперимента по использованию кормовой фитодобавки из левзеи сафлоровидной в кормлении телят молочного периода вегетативная масса левзеи сафлоровидной была выращена на опытном поле Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН. Научно-производственный опыт был проведён на молочном комплексе сельхозпредприятия ООО «Новинск» Ильинского района Пермского края. Скашивание зелёной массы производилось в начале третьей декады мая. Сушка массы в цельном виде производилась в аэрожелобе при температуре 38-39°С. После высушивания масса измельчалась. Фитодобавка в готовом виде представляет собой порошкообразный продукт зелёного цвета. Исследование на наличие экдистероидов (20-гидроксиэкдизона) проводилось методом высокоэффективной обратно-фазовой жидкостной хроматографии (хрома-

тограф Shimadzu LC-6A) по методике В.В. Пунегова [1] в институте биологии Коми НЦ УрО РАН. В хозяйственном цехе по производству собственных комбикормов на установке смешивания сыпучих кормов СВШ-1,5 готовился комбикорм для телят с разным количеством фитодобавки. Объектом исследований являлись телята 1-4 месячного возраста чёрно-пёстрой породы. Для проведения исследований по методике В.М. Кузнецова и А.И. Овсянникова [2, 3] было сформировано три группы телят 15-дневного возраста по 10 голов в каждой по принципу пар-аналогов с учетом возраста, живой массы и происхождения. В главный период опытов кормление молодняка подопытных групп было одинаковым и проводилось по схеме (принятой в хозяйстве для племенных животных согласно нормам Всероссийского института животноводства [4, 5] с учётом получения 800-850 г среднесуточного прироста массы тела), которая корректировалась в зависимости от живой массы телят еженедельно. Отличие в кормлении заключалось в том, что молодняк опытных групп получал комбикорм, в состав которого была включена фитодобавка из левзеи сафлоровидной: для I опытной группы в количестве 3,00%, для II опытной группы – в количестве 6,00% от массы сухого вещества комбикорма. Продолжительность скармливания 92 дня (с 32 по 123 день выращивания). Физиологический опыт по определению переваримости питательных веществ рационов телятами был проведен в конце четвертого месяца выращивания с учётом требований методических указаний, разработанных ВИЖ. Один раз в сутки, в одно и то же время проводился отбор образцов остатков кормов, кала и мочи. При проведении анализа химического состава кормов и их остатков, кала и мочи использовали общепринятые зоотехнические методики [6].

Полученные экспериментальные данные подвергнуты биометрической обработке по Н. А. Плохинскому [7]. Статистическую обработку полученных результатов проводили по методу Стьюдента, разницу считали достоверной при $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$.

Результаты и их обсуждение

Из выращенной на опытном поле Пермского НИИСХ левзеи сафлоровидной приготовлена кормовая фитодобавка,

её химический состав приведён в табл. 1.

Содержание каротина в фитодобавке из левзеи сафлоровидной, заготовленной для проведения эксперимента, составило $140,60 \pm 1,03$ мг/кг при норме 150 мг/кг в 1 кг СВ фитодобавки (для разнотравных), ОЭ – 10,11 МДж/кг при рекомендуемом содержании 10,50 МДж/кг СВ.

Результаты анализа фитодобавки из левзеи сафлоровидной на наличие целевых биологически активных веществ (БАВ) представлены в табл. 2.

Таблица 1.

Химический состав кормовой фитодобавки из левзеи сафлоровидной (на абсолютно сухое вещество)
Chemical composition of feed additive from *Leuzea safflower* (for dry mass)

Вид корма	СВ, %	СЖ, %	СП, %	СК, %	Сахар, %	Са, %	Р, %	Каротин, мг/кг	ОЭ, МДж/кг
Фитодобавка из левзеи сафлоровидной	88,77 ± 0,56	2,21 ± 0,03	18,53 ± 0,17	22,50 ± 0,12	7,69 ± 0,23	1,45 ± 0,04	0,92 ± 0,03	140,60 ± 2,76	10,11 ± 0,15
*Норма	88 - 91		19 не менее	23 не более				150	10,50

*Норма по ГОСТ Р 56383-2015 в 1 кг СВ [8].

Таблица 2.

Содержание биологически активных веществ в кормовой фитодобавке из левзеи сафлоровидной мг/100 г (на а.с.в.)

Content of biologically active substances in feed additive from *Leuzea safflower* (for absolutely dry mass)

№ пробы	Наименование БАВ	Содержание
Карбоновые кислоты		
1.	Щавелевая	508,59
2.	Яблочная	1308,43
3.	Лимонная	366,74
4.	Янтарная	161,65
Витамины		
1.	Витамин С	97,76
Фенольные кислоты		
1.	Галловая кислота	116,69
2.	Кофейная кислота	679,65
3.	Феруловая кислота	593,23
Экдистероиды		
1.	20-гидроксиэкдизон (20E)	0,394 (в действующем веществе)
Флавоноиды		
1.	Рутин	117,87
2.	Дегидрокверцетин	556,63
3.	Кверцетин	108,64
Сумма флавонолов, флавонов		783,14

В образце экспериментальной фитодобавки из левзеи сафлоровидной основным экидистероидом является экидистен (20E), концентрация которого составила 0,394 % в действующем веществе при рекомендуемом содержании 20-гидроксиэкидизона (20E) от 0,25 до 0,45 % (Карусевич, 2008) [9].

Суммарное содержание флавоноидов в фитодобавке составило 783,14 мг/100 г сухого вещества, основным из них явля-

ется дегидрохверцетин, с концентрацией 556,63 мг/100 г. На долю флавоноидов в сухом веществе продукта приходилось 20,47% от суммарного объема определённых БАВ.

Важным показателем использования подопытными телятами питательных веществ испытываемых рационов являются коэффициенты переваримости, определяемые отношением переваренных веществ к потребленным, в процентах (рис. 1).

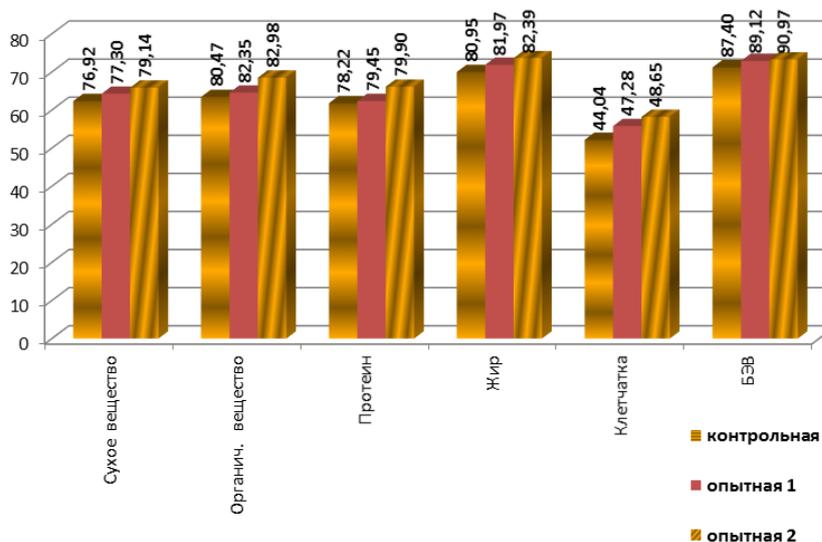


Рис. 1. Коэффициенты переваримости питательных веществ корма, %

Коэффициент переваримости сухого вещества у телят I и II опытной группы был больше на 0,49 и 2,88%, органического вещества на 2,33 и 3,12%, сырого протеина на 1,57 и 2,14%, сырого жира на 1,26 и 1,77%, сырой клетчатки на 8,58 и 10,92%, БЭВ на 1,97 и 4,08% ($p < 0,05$), по сравнению с контролем. Очевидно, это обусловлено большей активизацией микрофлоры в рубце телят (рис. 1).

Поскольку коэффициенты переваримости основных (протеин, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества) органических веществ и корма в целом оказались выше у телят II и I опытных групп, то можно предполагать, что скормливание кормовой фитодобавки из зелёной массы левзеи сафлоровидной оказало

положительное влияние на процессы пищеварения в желудочно-кишечном тракте подопытных животных.

Наиболее важными факторами, оказывающими влияние на способность молодняка жвачных животных синтезировать белки тканей тела, являются их генетический потенциал, пол животного, уровень обеспеченности организма энергией и стадия зрелости животного. В дополнение к этим факторам не менее важным является сбалансированность аминокислотного состава белка и уровень доступности аминокислот из корма. Часть поступивших с кормом азотистых веществ выделяется в составе мочи и кала. Оставшийся в организме азот расходуется на восстановление использован-

ных в результате эндогенных превращений азотистых веществ, что в дальнейшем будет способствовать приросту живой массы телят. О биологической полноценности протеинового питания можно судить по балансу азота в организме животного. У растущих животных по от-

ложенному в теле азоту судят об интенсивности роста [10, 11]. В нашем эксперименте фитодобавка на основе левзеи сафлоровидной оказала определённое влияние на потребление азота, его усвоение и степень использования из корма (табл. 3).

Таблица 3.

Баланс и использование азота подопытными тёлками (г/гол), (M ± m)
Balance and nitrogen usage by experimental calves (g/ heads), (M ± m)

Показатель	Группа		
	контрольная	первая опытная	вторая опытная
Поступило с кормом, г	112,43±1,65	115,04±1,67	117,01±2,87
Выделено с калом, г	49,25±0,18	48,97±0,91	49,08±0,49
Переварено, г	64,18±0,44	66,07±0,34*	67,93±0,41**
Выделено с мочой, г	34,77±0,19	34,88±0,37	35,13±0,43
Отложено в теле (баланс), г	28,41±0,35	31,19±0,27**	32,80±0,19***
Отложено в теле, %:			
от принятого	25,27	27,11	28,03
от переваренного	44,27	47,21	48,28

Более высокий положительный баланс азота отмечен у телят II опытной группы, что на 15,45% ($p < 0,001$) и на 5,16% ($p < 0,01$) больше, чем у аналогов контрольной группы и I опытной группы. Телята II опытной группы также более эффективно использовали азот от принятого и переваренного по сравнению с другими группами: контрольной – на 2,76 и 4,01%; I опытной – на 0,92 и 1,07 %, соответственно.

Для оценки обеспеченности животных минеральными веществами имеет значение не только валовое содержание их в скармливаемых кормах, но и степень усвоения организмом. В нашем опыте результаты изучения баланса кальция и фосфора в 4-месячном возрасте показывают, что у животных всех групп он был положительным, однако отложение их в теле имело некоторые различия (табл. 3, 4).

Полагаем, что включение в состав комбикорма фитодобавки из левзеи сафлоровидной положительно сказалось на балансе кальция в организме телят. Данный факт подтверждает повышенное использование кальция от принятого в I и II опытных группах соответственно на 2,31 – 2,63% ($p < 0,05$), по отношению к контрольной группе. Коэффициенты усвояемости кальция были выше у телят I и II опытных групп, по сравнению с контролем, на 0,14 и 2,02%, соответственно (рис. 2).

Наибольшее использование фосфора от принятого у телят II опытной группы, которая получала комбикорм с 6,00% фитодобавки из зелёной массы левзеи сафлоровидной, по сравнению с телятами контрольной группы на 2,47%, по сравнению с телятами I опытной группы, получавшей комбикорм с 3,00% фитодобавки из зелёной массы левзеи сафлоровидной на 0,62% ($p < 0,01$).

Таблица 4.

Баланс и использование кальция телятами, г/гол ($M \pm m$)
Balance and calcium usage by calves (g/ heads), ($M \pm m$)

Показатель	Группа		
	контрольная	первая опытная	вторая опытная
Принято с кормом, г	30,50±0,31	31,90±0,24*	32,50±0,39*
Выделено с калом, г	16,41±1,14	17,12±2,65	16,83±1,38
Усвоено, г	14,09±1,15	14,78±1,44	15,67±0,74
Выделено с мочой, г	1,20±2,06	1,11±0,54	1,08±0,93
Отложено в теле (баланс), г	+12,89±0,58	+14,22±0,75	+14,59±0,12*
Использовано: % от принятого	42,26	44,57	44,89

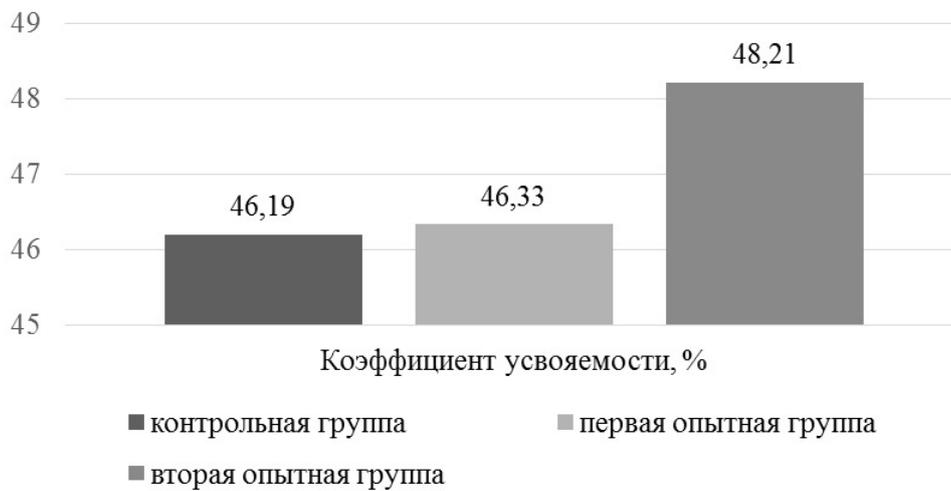


Рис. 2. Коэффициенты усвояемости кальция тёлками в опыте, %

Таблица 5.

Баланс и использование фосфора телятами, г/гол ($M \pm m$)
Balance and phosphorus usage by calves (g/ heads), ($M \pm m$)

Показатель	Группа		
	контрольная	первая опытная	вторая опытная
Принято с кормом, г	18,4±0,84	18,7±0,33	18,6±0,28
Выделено с калом, г	8,53±0,79	8,44±1,28	8,19±0,71
Усвоено, г	9,87±0,81	10,26±0,96	10,41±0,49
Выделено с мочой, г	0,78±0,02	0,68±0,01	0,76±0,03
Отложено в теле (баланс), г	+9,09±0,37	+9,58±0,01**	+9,65±0,27
Использовано: % от принятого	49,42±1,12	51,27±1,34	51,89±0,54



Рис. 3. Коэффициенты усвояемости фосфора в опыте тёлками, %

Анализируя экспериментальные данные (рис. 3) необходимо отметить, что коэффициенты усвояемости фосфора были выше у телят I и II опытных групп, по сравнению с контролем, на 0,14 и 2,02 % соответственно. Можно полагать, что при включении в состав комбикорма по массе сухого вещества в количестве 6,00% кормовой фитодобавки из левзеи сафлоровидной телятам молочного периода отмечается более отчетливо выраженный положительный баланс по кальцию и фосфору. Об этом говорят и коэффициенты усвояемости кальция и фосфора, они у телят II опытной группы были выше на 1,88 и 1,10 %, по сравнению с I опытной группой и на 2,02 и 2,32 %, соответственно, по сравнению с контрольной.

Выводы

В результате скармливания фитодобавки из левзеи сафлоровидной в составе комбикормов, по 3,00% и 6,00% от массы сухого вещества, телятам молочного периода отмечено, что коэффициенты переваримости сухого вещества у телят I и II опытной группы были выше на 0,49 и 2,88%, органического вещества на 2,33 и 3,12%, сырого протеина на 1,57 и 2,14%, сырого жира на 1,26 и 1,77%, сырой клет-

чатки на 8,58 и 10,92%, БЭВ на 1,97 и 4,08% ($p < 0,05$), по сравнению с контролем.

Выявлено более эффективное использование азота из кормов рациона у телят I и II опытной группы на 5,16% ($p < 0,01$) и 15,45% ($p < 0,001$), соответственно, по сравнению с аналогами контрольной группы.

Отмечается большее использование кальция и фосфора из фактического рациона телятами I и II опытной группы на 2,31 – 2,63%, и на 1,85 – 2,47%, соответственно, по сравнению с контрольной группой.

По анализу полученных результатов эксперимента, необходимо сделать вывод, что у телят II опытной группы, по сравнению с аналогами I и контрольной групп, при включении 6,00% в структуру комбикорма кормовой фитодобавки из левзеи сафлоровидной, по массе сухого вещества концентратной части рациона, процессы обмена веществ в организме проходили более интенсивно. Поэтому для производственной сферы рекомендуемой дозировкой кормовой фитодобавки из левзеи сафлоровидной для включения в состав комбикормов, предназначенных телятам молочного периода выращивания, является 6,00% от массы сухого вещества комбикорма.

Библиографический список

1. Пунегов В.В., Савиновская Н.С. Метод внутреннего стандарта для определения экидистероидов в растительном сырье и лекарственных формах с помощью ВЭЖХ // Растительные ресурсы. 2001. – Т.37. – Вып.1. – С. 97-102.
2. Кузнецов В. М. Основы научных исследований в животноводстве. Киров. – 2006. – 568 с.
3. Овсянников А.И. Основы опытного дела. М.: Колос, 1976. – 304 с.
4. Научные основы технологии возделывания левзеи сафлоровидной на семена в Предуралье: методические рекомендации / Г.П. Майсак, Д.А. Матолинец, Н.В. Авдеев. – Пермь: изд-во «ОТ и ДО», 2023. – 48 с. Под общей ред. доктора с.-х. наук В.А. Волошина.
5. Нормы потребности молочного скота и свиней в питательных веществах: Монография / Под ред. Р.В. Некрасов, А.В. Головина, Е.А. Махаева и др. Москва. – 2018. – 290 с.
6. Физико-химические методы анализа кормов / В. М. Косолапов, В. А. Чуйков, Х. К. Худякова, В. Г. Косолапова. – Москва: Типография Россельхозакадемии, 2014. – 344 с.
7. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
8. ГОСТ Р 56383 – 2015. Корма травяные искусственно высушенные. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2020.
9. Карусевич А.А., Моисеев Д.В., Бузук Г.Н. Изучение динамики накопления 20-гидроксиэкидизона и определение времени заготовки листьев левзеи сафлоровидной // Вестник фармации. – 2008. – № 1. – С. 24-28.
10. Todorova V, Ivanov K, Ivanova S. Comparison between the Biological Active Compounds in Plants with Adaptogenic Properties (*Rhaponticum carthamoides*, *Lepidium meyenii*, *Eleutherococcus senticosus* and *Panax ginseng* // Plants. – 2022. – Vol.11 (1). – P. 64.
11. Samoilova Z, Smirnova G, Bezmaternykh K, Tyulenev A, Muzyka N, Voloshin V, Maysak G, Oktyabrsky O. Study of antioxidant activity of fodder grasses using microbial test systems // J Appl Microbiol. – 2022 – Vol. 132(4). – P. 3017-3027.

**EFFICACY OF FEED SUPPLEMENTATION OF LEUZEA SAFFLOWER
INTO YOUNG CATTLE RATION**

Morozkov N.A., Zhdanova I.N., Lepikhina E.V.

Perm Scientific Research Institute of Agriculture

For citation:

Morozkov N.A., Zhdanova I.N., Lepikhina E.V. Efficacy of feed supplementation of leuzea safflower into young cattle ration // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 1. – P. 27–36. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.3>

The article presents the results of experiments on feeding 1-4 month old calves with immunostimulating feed additive of leuzea safflower as a part of mixed fodder. The plantation of leuzea safflower, established in 2010 at the experimental field of Perm Research Institute of Agricultural Sciences, PFRC UB of the RAS, is used up to the present time. A fodder phytosupplement was prepared from the green mass of safflower and then used as part of an experiment on young cattle. The supplement was included in the ration of two experimental groups of calves in the amount of 3.00 and 6.00% of the dry matter of the concentrate part of the ration. The duration of feeding was 92 days (from 32 to 123 days of rearing). In the sample of the experimental phytosupplement from *Leuzea safflower* concentration of 20-hydroxyecdysone was 0.394 % in the active substance at the recommended content of 20-hydroxyecdysone (20E) from 0.25 to 0.45 %. The tested feed phytosupplement increases biological adequacy of calf ration.

This favours better digestion of feed nutrients by animals of experimental groups. Dry matter digestibility coefficients in calves of I and II experimental groups were higher by 0,49 and 2,88%,

organic matter by 2,33 and 3,12%, crude protein by 1,57 and 2,14%, crude fat by 1,26 and 1,77%, crude fibre by 8,58 and 10,92%, in comparison with the control group. Calves of I and II experimental groups utilised more calcium and phosphorus from the actual diet by 2.31 - 2.63% and 1.85 - 2.47%, respectively, compared to the control group. When feeding the additive in the amount of 6.00% of the dry matter weight of mixed fodder, the coefficients of digestibility of nutrients of diets, the use of nitrogen and minerals were higher, so this dose is recommended to be included in the ration of calves of 1 - 4 months of age.

Keywords: safflower leuzea, young cattle, feed phytosupplement, biologically active substances, 20-hydroxyecdysone, digestibility, nitrogen balance.

Сведения об авторах

Морозков Николай Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («Пермский НИИСХ»), 614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, д. 12; e-mail: ivanushkizabereznik@yandex.ru

Жданова Ирина Николаевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов, «Пермский НИИСХ»; e-mail: saratov_perm@mail.ru

Лепихина Елена Валерьевна, научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов, «Пермский НИИСХ»; e-mail: elene831@mail.ru

Материал поступил в редакцию 24.01.2025

ЭТЮДЫ О НАУКЕ



О НАУЧНОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРМСКОГО НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

И.П. Огородов, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Для цитирования:

Огородов И.П. О научной и производственной деятельности Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1.– С. 38–44. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.4>

В данной статье приведено краткое описание становления, развития и текущей деятельности Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ПФИЦ УрО РАН (Пермского НИИСХ), описаны научные направления, в которых работает Пермский НИИСХ. Институт продолжает традиционные длительные стационарные опыты, заложенные в 1968-1978 годах, а также ежегодно развивает новые направления в сотрудничестве со структурными подразделениями ПФИЦ УрО РАН и с передовыми научными организациями. На 2024 год в состав института входит отдел агротехнологий, три молодежные лаборатории, сертифицированная аналитическая лаборатория, производственный отдел, в котором проходят апробации научных разработок, а также подведомственные предприятия «Центр исследований и сертификации "Федерал"» и «Предуралье».

История

Пермский НИИСХ является старейшим на Западном Урале сельскохозяйственным научно-исследовательским учреждением. В 1913 году состоялось официальное открытие Пермской губернской сельскохозяйственной опытной станции, предназначенной для решения вопросов окультуривания бедных дерново-подзолистых почв Предуралья. Сохранение и повышение плодородия почвы – основного средства сельскохозяйственного производства – остаются одними из главных направлений работы института до настоящего времени. После неоднократных преобразований и смены места положения в 1988 г. на базе опытной

станции в селе Лобаново был создан научно-исследовательский институт сельского хозяйства. В 2017 г. институт вошел на правах филиала в состав Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (рис. 1). Общая численность работников по состоянию на 2024 год составляет 78 человек, в том числе 40 научных сотрудников, среди них 2 доктора биологических наук, 6 кандидатов биологических наук, 7 кандидатов сельскохозяйственных наук, 1 кандидат ветеринарных наук, 1 кандидат экономических наук. За годы работы учреждения в статусе института подготовлено 9 докторских и 79 кандидатских диссертаций, издано 10 монографий.



Рис. 1. Главный корпус Пермского НИИСХ (2024 год)

Научные направления

Создание научных основ регенеративных систем земледелия в условиях повышающейся антропогенной нагрузки на агробиоценозы Предуралья. Длительные стационарные опыты являются в настоящее время редкостью для сельскохозяйственных институтов. Всего в России 149 стационарных опытов, которые соответствуют всем требованиям современной методики, зарегистрированы и имеют сертификаты [1]. Четыре из 149 таких опытов ведутся в Пермском НИИСХ: изучение системы удобрения на подзолистых почвах Предуралья (год закладки 1968), влияние фосфатного уровня почвы на эффективность минеральных удобрений (год закладки 1970), изучение влияния доз и соотношений минеральных удобрений на урожай и качество полевых культур (год закладки 1978), система севооборотов, обеспечивающая максимальное использование биологического азота (год закладки 1977). В результате многолетнего изучения данных стационарных опытов было выполнено большое количество научных разработок [2]. Основной целью разработок является формирование научных основ создания адаптивных и адаптивно-ландшафтных систем земле-

делия в современных условиях, отличающихся повышенным негативным воздействием на почву и с.-х. угодья биотических и абиотических факторов внешней среды, на основе регулирования потоков биогенных элементов в агроэкосистемах, с помощью интродукции новых культур и сортов, разработки новых приемов сохранения плодородия почв и технологий возделывания экономически значимых для Предуралья сельскохозяйственных культур.

Разработка научных основ точного земледелия в условиях повышенной антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные угодья. В Пермском НИИСХ организованы полевые исследования по влиянию дифференцированного применения минеральных удобрений и гербицидов, в том числе подкормок азотными удобрениями озимых зерновых культур. Создана аналитическая геоинформационная система дистанционного мониторинга землепользования Пермского НИИСХ, которая тиражируется на землепользователи аграрных предприятий Пермского края. В созданной геоинформационной системе спектральные индексы растительности отражены в цифровом паспорте поля, ведутся работы по разработке

методики оценки и биоремедиации земельных участков, заросших борщевиком Сосновского.

Поиск, изучение генетических источников и доноров хозяйственно-ценных признаков кормовых культур, в том числе обладающих биологической активностью, с разработкой научных основ технологий их возделывания и использования. В данном направлении соединены исследования новых для Предуралья кормовых культур, разработки и совершенствования технологии возделывания многолетних трав и других кормовых культур, технологии приготовления кормов. Основная зада-

ча состоит в создании системы кормления, обеспечивающей профилактический или терапевтический эффект, что позволит снизить содержание антибиотиков в продукции животноводства. Потенциально перспективные культуры для производства витаминно-кормовой муки в Предуралье: левзея сафлоровидная (рис. 2), серпуха венценосная, эспарцет песчаный, астрагал альпийский и нутовый, клевер откритоозевый. Также под задачи этого направления поддерживается коллекционный полевой питомник многолетних кормовых культур, созданный в Пермском НИИСХ в 1969 году.



Рис. 2. Травостой левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides* Willd)

Проведение исследований и разработка теоретических основ проектирования и применения оптоэлектронных устройств для повышения эффективности процессов в области биотехнологии и сельского хозяйства. Сотрудники Пермского НИИСХ изучают влияние спектрального состава света на длину растений-регенерантов картофеля *in vitro*, количество междоузлий, массу надземной части, концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях. Активно изучают влияние соотношения красного и дальнего красного света на не-

сколько видов растительных культур. Разработан макет оптической установки комплексного действия, на котором возможно проведение исследований воздействия лазерного облучения на растения, их семена (рис. 3).

На сегодня Пермский НИИСХ работает в рамках договоров о научном сотрудничестве с РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», ООО «Молянов Агро Групп», РУП «Институт почвоведения и агрохимии», РУП «Научно-практический



Рис. 3. Обработка семян зерновых культур в лабораторной лазерной установке

центр НАН Беларуси по земледелию», МГТУ им. Н. Э. Баумана, Научно-технологическим центром уникального приборостроения, ВНИИ фитопатологии.

Инновационная деятельность

Сотрудники Пермского НИИСХ ведут работы по *селекции, оригинальному (первичному) и элитному семеноводству зерновых и зернобобовых культур, многолетних трав* в сотрудничестве с ведущими селекционными центрами Российской Федерации. В соответствии с протоколом межведомственного совета Правительства Российской Федерации по рассмотрению вопросов о создании селекционно-семеноводческих центров и агробиотехнопарков от 23 октября 2020 г. № АМ/15-пр. и Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.12.2020 г. № 1612, приказа ПФИЦ УрО РАН от 8 декабря 2020 г. «О создании структурного подразделения» в Устав ПФИЦ УрО РАН было внесено дополнение о создании структурного подразделения «Селекционно-семеноводческий центр» в составе Пермского НИИСХ.

Целью селекционно-семеноводческого центра является создание и испытание новых сортов зерновых, зернобобовых, масличных культур и многолетних трав в сотрудничестве с ведущими селекцион-

ными центрами России, научное обеспечение семеноводства Пермского края, регионов Приволжского и Уральского округов, а также оригинальное (первичное) и элитное семеноводство зерновых, зернобобовых, масличных культур, многолетних трав.

На сегодняшний момент организовано устойчивое взаимодействие ПФИЦ УрО РАН с УрФАНИЦ, СамНИЦ, Ростовским ФАНЦ, ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Верхневолжским ФАНЦ и другими научными центрами, осуществляющими селекционную работу. Непосредственно Пермский НИИСХ является оригинатором сортов клевера лугового: Пермский местный и Лобановский, сортов зерновых культур: тритикале – сорт Сибард, ячменя – Родник Прикамья, Красногорский, овса – Кировский 2 (совместно с ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока), Блиц (совместно с УрФАНИЦ УрО РАН). Подана заявка на получение патента на сорт гороха Камский (совместно с УрФАНИЦ УрО РАН).

Институт осуществляет заключительный этап селекции, который состоит в оценке полученного селекционного материала (линий и гибридов). Работа проводится в специально заложенных питомниках испытания потомств первого года и второго года. На опытном поле института проводится экологическое ис-

питание отечественных сортов (рис. 4) и гибридов различных зерновых и зернобобовых культур из перечисленных, а также доставленных из многих других селекционных центров России:

- озимых: пшеницы, ржи, тритикале;
- яровых: пшеницы, ячменя, овса, гороха, вики, кукурузы;
- масличных: рапса, льна, сои.



Рис. 4. Экологическое испытание сортов ячменя и овса

Результаты сортоиспытания представляются на отраслевых семинарах, совещаниях, ежегодной межрегиональной выставке «АгроФест», которая проходит на площадке Пермского НИИСХ.

Пермский НИИСХ, в соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2030 г., сотрудничает с Министерством агропромышленного комплекса Пермского края, осуществляя реализацию научно-технических проектов для развития сельского хозяйства по двум действующим грантам:

- «Внедрение усовершенствованной технологии возделывания и использования тритикале озимой на корм и зерно в Пермском крае». В рамках проекта Пермский НИИСХ увеличил производство семян тритикале с 7 тонн в 2020 г. до 600 тонн в 2024 г. В 2025 г. реализация семян

В рамках государственного задания ежегодно проводится испытание 12-20 новых сортов картофеля, 10-12 номерных сортов ячменя, до 30 сортов овса, по результатам которого выдаются рекомендации для включения перспективных сортов в Государственное сортоиспытание или в существующий Реестр сортов.

озимой тритикале сельхозтоваропроизводителям Пермского края по льготной цене должна составить 768 тонн.

- «Развитие семеноводства при разработке и внедрении научно обоснованных технологий ввода в оборот залежных сельскохозяйственных земель» (2021-2026 гг.). В ходе реализации проекта площадь обрабатываемых земель в Пермском НИИСХ увеличена с 450 га в 2017 году до 3,5 тыс. га в 2024 году. Валовое производство семян после подработки в 2024 составило более 1,5 тыс. тонн. К 2026 г. площадь обрабатываемых площадей должна возрасти до 3,8 тыс. га, производство семян – до 3 тыс. тонн, реализация не менее 2,5 тыс. тонн. Это позволит обеспечить потребности хозяйств Пермского края в элитных семенах на 50%.

Востребованным направлением института является *разработка индустри-*

альных технологий применения новых минеральных и органических удобрений на основе побочных продуктов животноводства, горнорудной, металлургической и лесоперерабатывающей отраслей промышленности, а также ЖКХ.

В составе института по состоянию на 2024 год:

- четыре научных лаборатории: агротехнологий, прецизионного земледелия, биологически активных кормов, агробиофотоники;
- сертифицированная аналитическая лаборатория с широкой сферой услуг – анализы всех видов кормов, удобрений, почв, торфа, грунтов;
- производственный отдел, поставляющий агропредприятиям оригинальные и элитные семена зерновых, зернобобовых, масличных культур, многолетних трав;
- «Центр исследований и сертификации “Федерал” и подведомственное предприятие «Предураль»».

В сертифицированной аналитической лаборатории ежегодно проводится испытание более 1000 почвенных проб (рис. 5). Потребители услуг аналитической лаборатории: сотрудники научных отделов Пермского НИИСХ, организации, связанные с землеустройством, сельхозпредприятия края, индивидуальные предприниматели и частные лица. Лаборатория выполняет около 100 видов почвенных исследований. Помимо почвенных проб в лабораторию ежегодно поступает более 1200 образцов грубых и сочных кормов, концентратов и кормовых добавок из 90-100 сельхозпредприятий 26-28 районов Пермского края.

Основной задачей производственного отдела Пермского НИИСХ является практическое применение результатов интеллектуальной деятельности института и других научных учреждений и переработка высококачественной продукции растениеводства и животноводства за счет внедрения передовых инновационных технологий, научных достижений и



Рис. 5. Определение фосфора на спектрофотометре УФ-6100

разработок, эффективного использования земли, современных видов техники, сельскохозяйственных машин, научного оборудования, элитных семян, племенного скота, удобрений, средств защиты, кормовых добавок, ветеринарных препаратов. Площадь опытных и производственных

посевов пермского НИИСХ в 2024 году составила 3,5 тыс. га из 8,5 тыс. га в составе единого землепользования (рис. 6), в том числе 339 га имеют статус особо ценных сельскохозяйственных угодий в соответствии с Законом Пермского края от 23.06.2023 г. № 215-ПК [3].

Библиографический список

1. Корляков К.Н., Огородов И.П. Пермскому научно-исследовательскому институту сельского хозяйства – 110 лет. История и современность. //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023, 24(3). С. 333-345. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.333-345>
2. Пермская государственная опытная станция. Буклет. – Пермь: Пермское книжное издательство, 1988. – 44 с.
3. Регламент использования особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий, находящихся в постоянном (бессрочном) пользовании ПФИЦ УрО РАН /К.Н.Корляков, И.П.Огородов. ПФИЦ УрО РАН – Пермь: Изд-во «ОТ и ДО», 2023. – 83 с.

ON SCIENTIFIC AND PRODUCTION ACTIVITIES OF THE PERM RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

Ogorodov I. P.

Perm Research Institute of Agriculture

For citation:

Ogorodov I.P. On scientific and production activities of the Perm Research Institute of Agriculture // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – №1. – P. 38–44. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.4>

This article gives a brief description of the formation, development and current activities of the Perm Research Institute of Agriculture of Perm Federal Research Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences. The main scientific directions of the Perm Research Institute of Agriculture are described. The Institute continues traditional long-term stationary experiments started in 1968-1978, as well as annually developed new directions in cooperation with structural subdivisions of PFRC UB RAS and with advanced scientific organizations. The Institute includes a department of agrotechnologies, three youth laboratories, certified analytical laboratory, production department, where scientific developments are tested, as well as subordinate enterprises “Federal” and “Preduralye” of the Research and Certification Centre.

Сведения об авторе

Огородов Иван Петрович, кандидат экономических наук, директор Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («Пермский НИИСХ»), 641532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, д. 12; e-mail: agroproekt59@mail.ru

Материал поступил в редакцию 24.10.2024

ИССЛЕДОВАНИЯ В КУНГУРСКОЙ
ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЕ, ВЫПОЛНЕННЫЕ
СОТРУДНИКАМИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА
УРО РАН С 2004 ПО 2024 ГГ.

О.И. Кадебская, Горный институт УрО РАН

А.В. Красиков, Горный институт УрО РАН

Для цитирования:

Кадебская О.И., Красиков А.В. Исследования в Кунгурской Ледяной пещере, выполненные сотрудниками Горного института УрО РАН с 2004 по 2024 гг. // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 45–57. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.5>

В статье рассмотрены последние наиболее выдающиеся достижения сотрудников Горного института УрО РАН в разных научных направлениях за двадцатилетний период деятельности. Проведены работы по выделению основных структурных и морфологических, и морфометрических показателей, особенностей гротов и галерей пещеры. Выполнено детальное текстурное и вещественно-структурное описание всех горных пород, слагающих массив, и дополнен существующий литолого-стратиграфический разрез, установлены условия осадкообразования. Получен новый топографический план пещеры и план поверхности массива горы. Были выполнены исследования прочностных и деформационных характеристик горных пород, слагающих массив Ледяная гора. Впервые для сульфатно-карбонатных пород массива были определены основные физическо-механические показатели. Описаны морфология и состав новообразованных минералов в Кунгурской Ледяной пещере. При гидрохимических исследованиях впервые использован метод, основанный на изучении вариаций изотопных соотношений водорода и кислорода, что позволило получить новые данные о составе и движении подземных вод в карстовом массиве. Разработаны и включены в ежегодный мониторинг методы биологического, сейсмологического, радиологического и маркшейдерского контроля. Проведена оценка экскурсионной и музейной деятельности сотрудников Горного института.

Ключевые слова: Горный институт УрО РАН, научная лаборатория, Кунгурская Ледяная пещера, исследования, мониторинг.

Кунгурская Ледяная пещера является самой изученной пещерой в России. Первые данные о пещере и микроклимате зафиксированы в многочисленных литературных источниках уже с 1703 года. Во многих областях науки пещера служила подземным полигоном для исследователей, которые, познавая пещеру, сделали много открытий, в том числе и мирового уровня. С 1948 года при пещере была создана научная станция – Кунгурская лаборатория-стационар, которой в прошлом году исполнилось 75 лет. В 2005 году под руководством В.Н. Дублянского вышла в свет монография, в которой были собраны и обобщены материалы многолетних наблюдений за прошедшие 50 лет [14]. В данной статье рассматриваются последние наиболее выдающиеся достижения сотрудников Горного института УрО РАН в разных научных направлениях за двадцатилетний период работы.

Геология и стратиграфия

Для получения новых данных о геологии, литологии и стратиграфии массива Ледяная гора в 2012 г. была пробурена скважина (скв. №4443). Выявленные тектурные и вещественно-структурные особенности керна скважины позволили построить литолого-фациальный разрез массива Ледяная гора и установить особенности осадкообразования. И.И. Чайковский [21] на основе сопоставления структурного дешифрирования и плана Кунгурской Ледяной пещеры определил, что общее расположение подземных полостей определяется системой диагональных мегатрещин. Они же определяют ориентировку наиболее протяженных гротов северо-восточного простирания. Предварительные структурные наблюдения, выполненные в пещере, показали проявление в ней левых сдвигов, контролирующих процессы гидратации ангидрита, а также выявлен целый комплекс

локальных дизъюнктивных нарушений.

В 2016 году выполнены первые работы по методологии структурного картирования и выделению основных структурных и морфологических особенностей гротов и галерей пещеры [8], а начиная с 2018 г. исследователи занимались топографо-геодезическими работами, используя современное оборудование на постоянной основе, и во многих гротах пещеры был выявлен целый комплекс локальных дизъюнктивных нарушений.

Для получения новых данных о геологическом разрезе в 2018 г. было проведено бурение второй скважины в пределах горного отвода массива Ледяная гора, расположенной в 200 м на ЮЮВ от первой скважины (скв. №4444). Полученные результаты исследования геологического строения Ледяной горы позволили актуализировать существующие макеты геологических карт без потери информативности (рис. 1). В ходе работ были подготовлены макет геологической карты с сечением горизонталей через 5 метров, основанный на топографических картах и уточненный по данным космической съемки [17], и геологический разрез Ледяной горы по линии скважин 4443-4444.

После обработки данных было выполнено детальное описание всех горных пород и был дополнен существующий литолого-стратиграфический разрез (рис. 2). Описаны образцы неволинской и елкинской пачек иренского горизонта кунгурского яруса пермской системы, которые не были встречены в скважине, пробуренной в 2012 г [4]. По результатам работ сделано предположение о том, что крайняя часть массива была в меньшей степени подвержена разрушению, чем центральная часть массива Ледяной горы [13].

Впервые в породах пермского возраста были обнаружены минералы боратовой группы говлит и пробертит (рис. 3, 4).

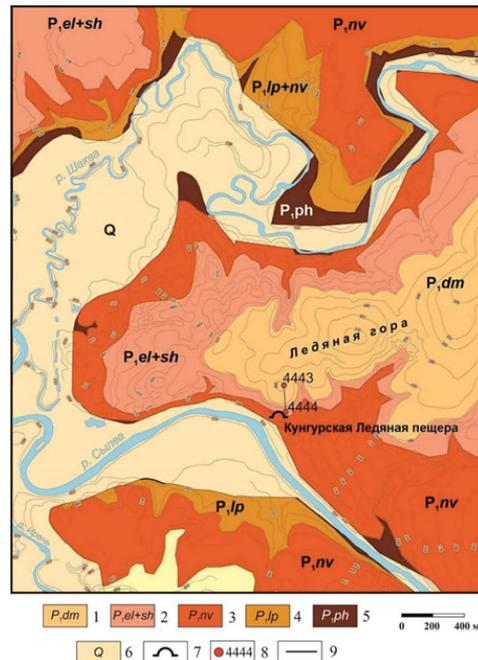


Рис. 1. Геологическая карта района Ледяной горы. Условные обозначения: 1 – демидковская пачка; 2 – елкинская и шалашинская пачки; 3 – неволинская пачка; 4 – ледянопещерская пачка; 5 – филипповский горизонт; 6 – четвертичные отложения; 7 – Кунгурская Ледяная пещера; 8 – скважина и её номер; 9 – линия разреза

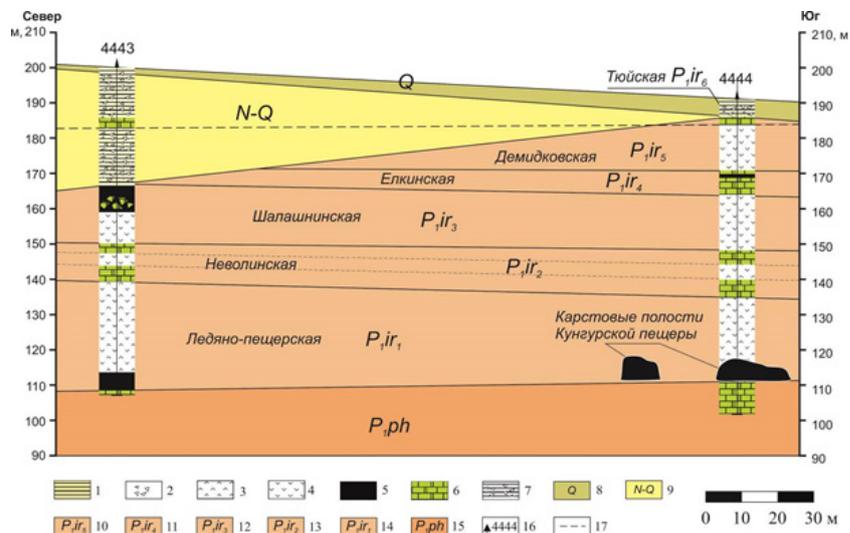


Рис. 2. Геологический разрез массива Ледяной горы. Составлен на основе геологического разреза, выполненного Кадебской О.И., Калининой Т.А. (2014). Условные обозначения: 1 – глина; 2 – дресвяно-щебнистый грунт; 3 – ангидрит; 4 – гипс; 5 – провалы инструмента/полости; 6 – доломит; 7 – глина с щебнем доломита; 8 – четвертичные отложения; 9 – неоген-четвертичные отложения; 10-14 – пачки (10 – демидковская; 11 – елкинская; 12 – шалашинская; 13 – неволинская; 14 – ледянопещерская); 15 – филипповский горизонт; 16 – гроты Кунгурской Ледяной пещеры; 17 – скважина и её номер; 18 – линия предполагаемого залегания елкинской пачки



Рис. 3. Говлит $(Ca_{(1,92-2,16)}B_5Si_{(0,84-1,08)}O_9(OH)_3)$. Слагает конкреции различного размера (3-10 см), которые за счет растворения вмещающего гипса высвобождаются, наибольшее количество образцов обнаружено в гротах Геологов, Дружбы Народов и Грязный

Кроме того, при описании керна из скважин 4443 и 4444 в гипсах шалашинской и ледянопещерской пачек иренской свиты нами были обнаружены единичные

желваки (до 5 мм) студеницита $(Na_{(0,91-1,17)}Ca_{(1,83-2,09)}[B_9O_{14}(OH)_4] \times 2H_2O)$. Находка данного минерала была сделана впервые на территории России [4].



Рис. 4. Пробертит $Na_{(0,84-0,91)}Ca_{(1,09-1,16)}B_5O_7(OH)_4 \times 3H_2O$, выявлен в керна 4443 скважины

Структурное картирование массива Ледяной горы и новый план пещеры

С 2018 по 2021 гг. на поверхности массива Ледяная гора и в Кунгурской Ледяной пещере производились работы (практический и камеральный этапы) по структурному картированию. Практический этап включал в себя проведение поверхностной (массив Ледяной горы) и подземной съемки (морфометрические параметры пещеры, галерей и проходов с их последующим совмещением). Камеральный этап включал в себя интерпретацию данных, полученных в результате топографических съемок. По материалам съемочных работ был построен новый графический план Кунгурской Ледяной

пещеры (рис. 5), который позволил уточнить морфометрические показатели не только самой пещеры, но и её отдельных частей (гrotов и галерей), определить пространственное положение пещеры относительно массива Ледяной горы.

Протяженность пещеры увеличилась с 5700 м до 8153 м. Площадь изученных галерей пещеры составила 63,8 тыс. м², а объём – 223,3 м³. В Заповедной части пещеры впервые были привязаны к абсолютным отметкам днище и кровля всех галерей и проходов, уровни озер, контур распространения обвальных глинисто-щебнистых осыпей. Было выделено более 9,6 тысяч трещин, общей протяженностью более 38 км.

Для оценки устойчивости гротов выделенные трещины были разделены на разные генетические типы (тектонические, внутрипластовые, отрыва, гидратации и растяжения, растворения). Впервые рассчитана площадь всех 59 озер, а также абсолютные отметки максимальных и минимальных уровней

озер. Минимальная площадь и уровни были зафиксированы в период зимней межени 2021 г., минимальная площадь озер составила 5450 м² (8% от всей площади пещеры). Это самые низкие значения за весь 75-летний период наблюдений за уровнями озер пещеры и р. Сылва.

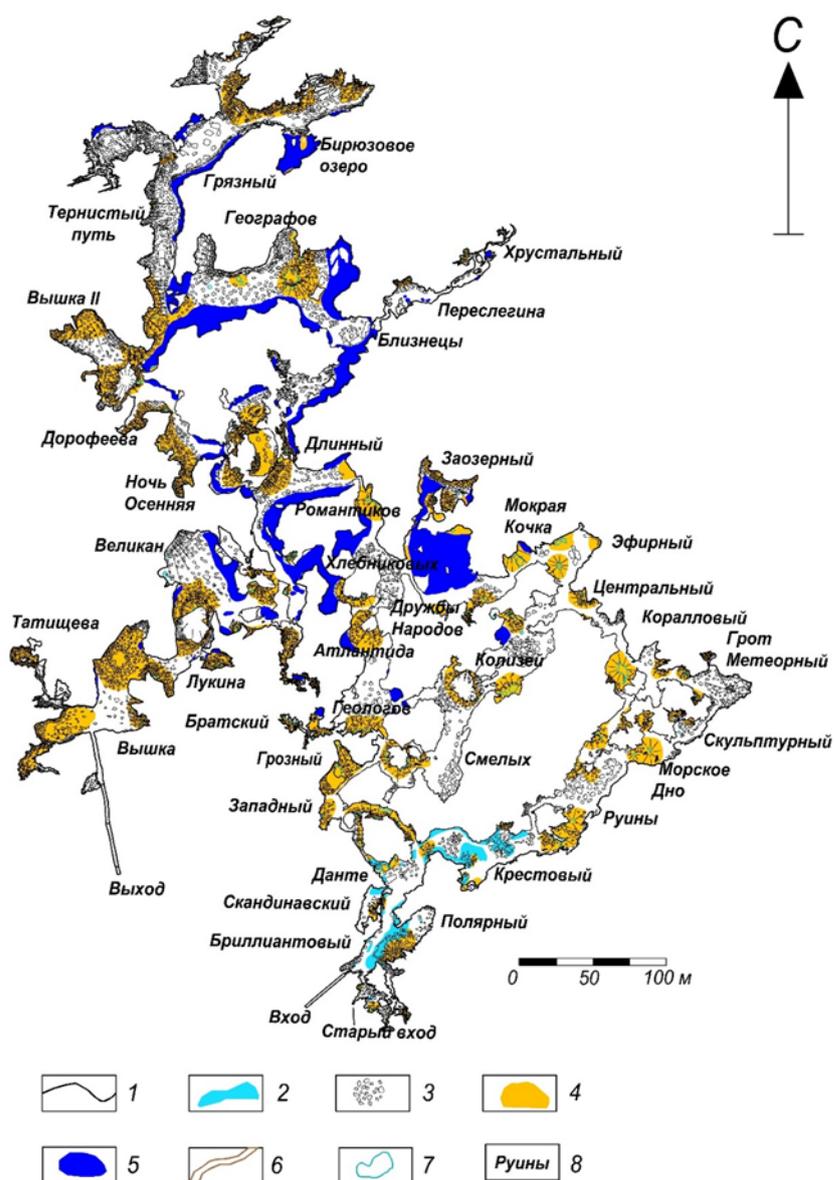


Рис. 5. План Кунгурской Ледяной пещеры на 2021 г. в масштабе 1:500: 1 – контур пещеры; 2 – лед покровный; 3 – осыпи глыбово-щебнистые; 4 – осыпи глинистые; 5 – озера; 6 – экскурсионная тропа; 7 – «органические трубы» и зоны дробления; 8 – названия гротов

Площадь относительно устойчивого уровня воды составляет 8180 м² (или 12% от всей площади пещеры). Высокоточная съемка позволила оценить трещиноватость пород, нанести на план зоны развития «органных труб» и зон дробления; глинистые и глыбовые осыпи, зоны развития карбонатно-сульфатной брекчии, выявить маркирующие слои глинисто-доломитовых прослоев в ледянопещерской пачке. Также были зафиксированы абсолютные отметки подошвы неволинской пачки, площадь распространения покровных наледей и др. Общая площадь зон дробления составила 811 м², количество отмеченных на плане органных труб возросло со 146 до 209 [10].

Изучение физико-механических свойств пород

В рамках изучения прочностных характеристик массива Ледяной горы были проведены испытания на одноосное сжатие и определение предела прочности на растяжение. Для исследования были отобраны пробы керна из скважин 4443 и 4444, а также несколько монолитных блоков горных пород в самой пещере (общее количество образцов составило 243) [9].

По результатам работ было выявлено, что прочностные характеристики образцов, отобранных из пещеры, ниже, чем у отобранных из скважины. Это позволяет предполагать, что пробы, отобранные из скважины, находились под воздействием сил всестороннего сжатия и были слабо подвержены процессам выветривания, а образцы из пещеры, наоборот, испытывали сильное воздействие со стороны процессов гипергенеза (влажность, температурные вариации, процессы гидратации и др.), происходящих в карстовых полостях [5].

Микроклиматические исследования

С января 2016 г. в пещере впервые была установлена система автоматической фиксации температуры воздуха, с датчиками HOBO Water Temp Pro v2 (U22-001) с периодичностью замеров 1 раз в час. За девять лет использования логгеров в пещере сформирована база данных температурных характеристик, которая содержит более 1 млн. значений (суточные, среднесуточные, среднемесячные, сезонные, среднегодовые температуры), что позволяет получать информацию о температурных изменениях в разных микроклиматических зонах.

Влажность воздуха является одним из важнейших параметров микроклимата, определяющим процессы конденсации, существования живых организмов и образования различных минералов. Замеры влажности в Кунгурской Ледяной пещере осуществляются при помощи термогигрометра-люксметра «ТКА-ПКМ» [11].

Наблюдение за воздушным режимом основано на выполнении воздушной съемки, которая включает замеры скоростей воздушных потоков в определенных точках. Для этого в пещере выделено 35 станций, у которых определены площади сечения. Это позволяет высчитать расход, определить направления потоков воздуха, следить за динамикой и впоследствии регулировать существующий регламент проветривания. Измерения скорости воздушного потока производятся с помощью анемометров (TESTO 417 и AZ 8919; рис. 6).

Снежно-ледяные отложения

Площадь зоны с многолетним льдом на сегодняшний день составляет 1160 м². Наличие в пещере зон постоянно и сезонно отрицательных температур предопределяет формирование в ней



Рис. 6. Измерение скорости воздушного потока в проходе Горе Толстякам и Высоким



Рис. 7. Виды льда в Кунгурской Ледяной пещере: а – многолетний лед в гроте Полярный; б – многолетний лед в гроте Крестовый; в – булабовидные сталагмиты в гроте Руины; г – сублимационные кристаллы на сталагмитах в гроте Полярный; д – кораллитовые сталагмиты в гроте Руины; е – ледяные занавеси-флаги в гроте Морское Дно; ж – кристаллы на поверхности озер в гроте Крестовый; з – сублимационные кристаллы в гроте Первый

различных подземных льдов. В пещере развиты конжеляционные (натечные, сегрегационные и льды-цементы), сублимационные (кристаллические образования) и осадочно-метаморфические ледяные образования [6]. Они, собственно, и являются главной туристической достопримечательностью пещеры (рис. 7).

С 2006 г., кроме описания снежно-ледяных образований, стали проводить фотофиксацию многолетнего и сезонного льда, а также следить за образованием криогенных минералов. На протяжении десятилетних наблюдений было проведено детальное описание криогенных минеральных образований Кунгурской Ледяной пещеры: их происхождения, видового разнообразия, минералогических и кристаллографических особенностей, закономерностей распространения по пещере, связей с зональностью пещерного климата [1, 18, 19]. Вопросы пещерной

криоминералогии были рассмотрены на фоне спелеокриоминералогической проблематики вообще, а также морфолого-генетических и микроклиматических особенностей специфической холодной среды Кунгурской Ледяной пещеры (рис. 8). Впервые в мире был описан новый вид многолетних криогенных кристаллов гипса необычной морфологии в гроте Первый [22].

Кроме необычных криогенных кристаллов, впервые в мире был открыт и описан как пещерный минерал улексит ($\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \times 5\text{H}_2\text{O}$), который представлен радиально-лучистыми сферолитами в гротах Смелых, Космический и Тернистый Путь [19]. Кроме того, детально описаны находящиеся в различных микроклиматических зонах уже известные минералы: мирабилит, флюорит, кальцит, доломит, тенардит, бледит, палыгорскит и др. [2, 20].

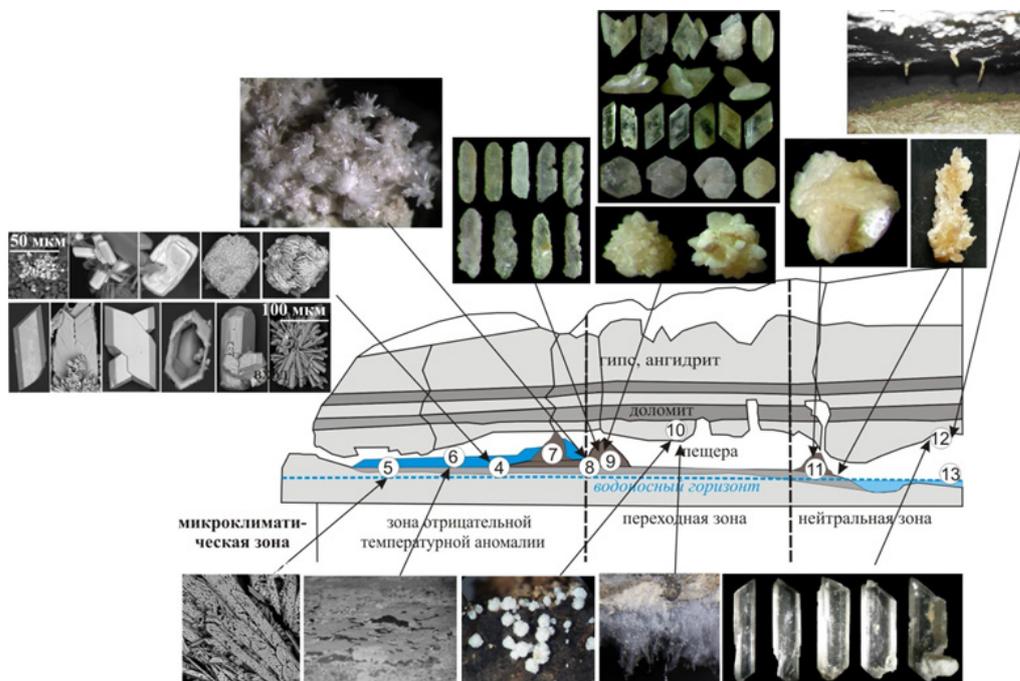


Рис. 8. Морфология новообразованных сульфатов и боратов из льда с поверхности провальноссыпных конусов, стен, глинистых отложений и озер в различных микроклиматических зонах Кунгурской Ледяной пещеры

При изучении озерных отложений и кальцитовых пленок, которые с поверхности воды осаждались на дне озера, были обнаружены органические растительные остатки, которые при окислении образуют углекислый газ. С одной стороны, CO_2 приводит к цементации множества кальцитовых корочек, образуя подводные многослойные агрегаты, где корочки перемежаются с глинистым веществом и органикой. С другой стороны, пузырьки газа при восходящей миграции, увлекают за собой богатый раствор CaCO_3 . Когда раствор становится несколько перенасыщенным, по краю пузырька начинается отложение карбоната

кальция в виде кальцита, но только в точках края, где происходит смешение перенасыщенного раствора с озерными водами. Таким образом, начинают формироваться трубочки, которые со временем перемещают точку минералообразования все выше и выше (рис. 9).

При изучении кальцитовых трубочек в озерах Кунгурской Ледяной пещеры П. Форти, известный специалист по минералам пещер, предложил выделить их в отдельный тип отложений и назвать их антигравитационные канюли. На основании наших наблюдений был предложен эволюционный механизм генезиса и развития данных пещерных отложений [3].

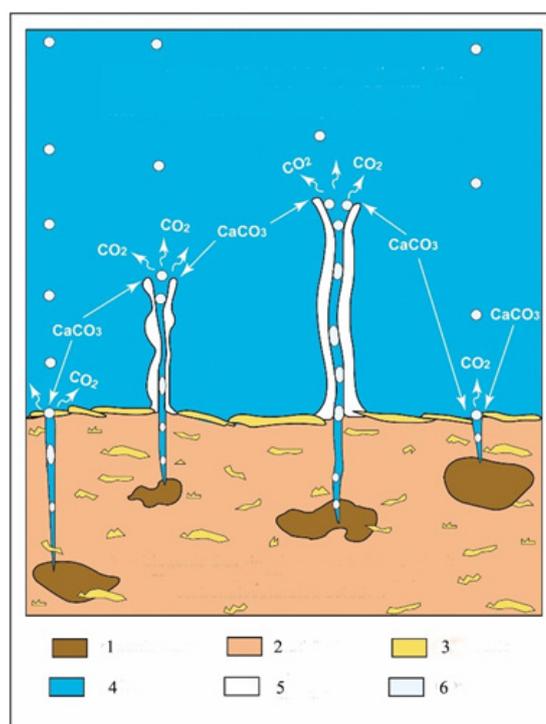


Рис. 9. Предполагаемый эволюционный механизм генезиса и развития подводных кальцитовых трубочек (Calaforra, Forti; 2021): 1 – органические остатки, 2 – глина, 3 – кальцитовые пленки, 4 – вода, 5 – антигравитационные канюли, 6 – CO_2

Гидрохимические исследования

В рамках гидрохимических исследований в Кунгурской Ледяной пещере впервые использован метод, основанный на изучении вариаций изотопных соотношений водорода и кислорода. Выполненный цикл комплексных исследований

изотопного и химического состава подземных вод позволил получить новую количественную информацию и понять особенности и механизмы формирования состава, а также определить временной интервал и некоторые особенности перемещения вод в карстовом массиве [5, 7].

Радиологический мониторинг

В 2006 г. разработана методика радиологического мониторинга в Кунгурской Ледяной пещере [23]. Рассчитана доза внутреннего облучения от интеграции дочерних продуктов радона, которая превышает допустимый годовой уровень 5 мЗв/год. Разработаны рекомендации по расчёту персональной дозы облучения для каждого работника и по проведению дозиметрического контроля персонала КЛП. Предложены меры по временному ограничению нахождения сотрудников в пещере [12].

Сейсмологический мониторинг

В 2003 г. в гроте Смелых была установлена одна из первых региональных сейсмических станций. В настоящее время она зарегистрирована в международном реестре с кодом PR3R и интегрирована в систему сейсмического мониторинга Уральского региона. Выбор места установки этой станции обусловлен целым комплексом факторов: с одной стороны, была необходимость повышения чувствительности сейсмической сети в юго-восточной части Пермского края, с другой – размещение датчиков именно в пещере обеспечило стабильный температурный режим, надёжный контакт с коренными горными породами и относительно низкий уровень фоновых микросейсм. В настоящее время сейсмическая станция «Кунгур» ведёт непрерывную регистрацию сейсмических сигналов с передачей в режиме реального времени в информационно-обрабатывающий центр ГИ УрО РАН. С использованием сейсмограмм этой станции ежегодно определяются параметры источников (координаты и магнитуда) для нескольких сотен сейсмических событий как природного, так и техногенного происхождения на территории всего Уральского региона, а в Кунгурской Ледяной пещере за 20 лет

зафиксировано 46 обрушений (включая заповедную часть).

Биологический мониторинг.

Всего в настоящее время в Кунгурской пещере выявлены 15 таксонов цианобактерий, 24 таксона водорослей, 7 видов мхов, 2 таксона двудольных, 26 таксонов грибов, 34 таксона беспозвоночных (из них 13 – насекомых) и 12 видов позвоночных (включая птиц). Единственным специализированным троглобионтом является бокоплав Хлебникова, имеющий адаптации к пещерному образу жизни. Этот вид включен в Красную книгу Пермского края. Определением пещерных организмов занималась большая группа ученых из различных научных институтов и ВУЗов страны [16].

Из позвоночных наиболее характерными для пещер являются рукокрылые. С 2024 г. в Кунгурской пещере организован мониторинг рукокрылых на основании их фиксации при помощи ультразвуковых детекторов. Его инструментальная база заложена при поддержке ООО «Стагмит-Экскурс». Подобная система мониторинга в других пещерах страны в данный момент отсутствует.

Экскурсионная и музейная деятельность

За прошедшие 20 лет в экскурсионную деятельность в пещере научные сотрудники также внесли свой вклад. Появилось лазерное шоу после поездки в пещеру Хаймкеле (Германия). В гроте Геологов разработана спелеокамера и регламент ее посещения. Пещеру включили в международную Ассоциацию экскурсионных пещер мира. Музей карста и спелеологии Горного института УрО РАН появился в составе Кунгурской лаборатории института в 2004 г. Музей является естественнонаучным учреждением геологического профиля. Он зани-

мает три зала на первом этаже здания лаборатории. В одном зале расположена постоянная выставка минералов и горных пород, в другом – основная экспозиция, посвященная карсту и пещерам. Оборудован конференц-зал на 25 мест. Фондовая основа музея в настоящее время превысила 6000 единиц хранения, в основном это натурные экспонаты. Значительную часть научно-вспомогательного фонда составляют архивные

документы и фотографии Кунгурского стационара, который существует с 1948 г. Музей ведет работу по основным направлениям, характерным для всех музейных учреждений страны: экспозиционная, выставочная, фондовая и издательская деятельность. В настоящее время он стал известным и востребованным среди туроператоров и туристов элементом припещерной инфраструктуры Кунгурской ледяной пещеры [15].

Библиографический список

1. *Андрейчук В.Н., Кадебская О.И., Чайковский И.И.* Криогенные минеральные образования Кунгурской Ледяной пещеры. Силезский университет – Горный Институт УрО РАН. Сосновец-Пермь. 128 с.
2. *Кадебская О.И.* Минеральные и геохимические индикаторы природных процессов в подземных карстовых ландшафтах Урала: автореф. дис. ...д.г.н. – Пермь, 2017. – 37 с.
3. *Кадебская О. И., Казанцева А. С.* Минералообразование кальцитовых трубочек на дне озер в Кунгурской Ледяной пещере // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2022): Материалы российской конференции с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2022. С. 105-106.
4. *Кадебская О.И., Калинина Т.А.* Литологический разрез Ледяной горы / Комплексное использование и охрана подземных пространств: Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию юбилею науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рожд. В.С. Лукина / ГИ УрО РАН; под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука – Пермь, 2014. С. 42-49.
5. *Кадебская О.И., Калинина Т.А., Чайковский И.И.* Изотопия и морфология новообразованных карбонатов из карбонатно-сульфатного массива Ледяной горы // Вестник Пермского университета. Геология, Вып 2 (27), 2015. с. 6-16.
6. *Казанцева А.С., Кадебская О.И.* Динамика оледенения в Кунгурской Ледяной пещере / Географический вестник. 2017. № 4 (43). С. 5–11.
7. *Казанцева А.С., Кадебская О.И., Дублянский Ю.В., Катаев В.Н.* О формировании химического и изотопного состава подземных вод иренского горизонта (на примере Кунгурской Ледяной пещеры) // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2022. Том, 21 – №4. – С. 326-340.
8. *Красиков А.В.* Основные морфологические и структурные особенности гротов Кунгурской Ледяной пещеры: Матер.ежегодной науч. сессии / Горный ин-т УрО РАН. Пермь, 2016. С. 51-53.
9. *Красиков А.В.* Прочностные и деформационные показатели горных пород, слагающих массив Ледяной горы // Горное эхо. Вест. Горного ин-та УрО РАН. Пермь, 2019. – №1(74). – С. 5-10.
10. *Красиков А.В.* Уточнение морфометрических показателей гротов и галерей Кунгурской ледяной пещеры по результатам топографо-геодезических работ // Известия вузов. Горный журнал. 2022. № 4. С. 76–89. DOI: 10.21440/0536-1028-2022-4-76-89
11. *Красиков А.В., Казанцева А. С., Богомаз М. В.* Многопрофильный мониторинг в Кунгурской Ледяной пещере // Горный журнал. Москва, 2018. – № 6. – С. 60-64.;
12. *Красиков А.В., Казанцева А.С.* Радиологический мониторинг и оценка радиационной обстановки в Кунгурской Ледяной пещере // Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2024, Вып. 1. – С. 198-213.
13. *Красиков А.В., Трапезников Д.Е.* Новые данные о литологическом разрезе массива Ледяной горы // Горное эхо. 2020. № 4 (81). С. 24-30
14. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений. Под ред. В.Н. Дублянского. Екатеринбург, 2005. – 376 с.

15. *Наумкин Д.В., Кадебская О.И.* К 75-летию Кунгурской лаборатории-стационара Горного института ПФИЦ УрО РАН // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 1. – С. 67-83.
16. *Наумкин Д.В., Кадебская О.И.* Обитатели Кунгурской Ледяной пещеры (Пермский край): Обзор исследований // Антропогенная трансформация природной среды. 2020. № 6. С. 18-24
17. *Трапезников Д.Е., Красиков А.В., Заостровский В.В.* Предварительные результаты изучения геологического строения района Ледяной горы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. Ред. И. И. Чайковский; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2022. Вып. 25. – С. 250-256
18. *Чайковский И.И., Кадебская О.И.* Криогенный гипс Кунгурской ледяной пещеры // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. – Пермь, 2009. – Вып. 12. – С. 85-90.
19. *Чайковский И.И., Кадебская О.И.* Минералогия переходной микроклиматической зоны Кунгурской Ледяной пещеры / Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. – Пермь, 2012. – Вып. 14. – С. 100-105
20. *Чайковский И.И., Кадебская О.И., Калинина Т.А.* Минералогия пленок на поверхности водоемов Кунгурской Ледяной пещеры // Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры: матер. минералог. семинара с международным участием. – Сыктывкар, 2012. – С. 346-348.
21. *Чайковский И.И.* Структурно-тектоническое положение Ледяной горы и Кунгурской Ледяной пещеры / Комплексное использование и охрана подземных пространств: Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию юбилею науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рожд. В.С. Лукина / ГИ УрО РАН; под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука – Пермь, 2014. – С. 39-42
22. *Чайковский И.И., Кадебская О.И.* О каркасных кристаллах криогенного гипса из Кунгурской Ледяной пещеры // Горное эхо. Вестник ГИ УрО РАН. – 2012. – № 1(47). – С. 24-27.
23. *Testov B.V., Kadebskaya O.I., Shihov N.I.* Influence of radon on inhabitants of Kungur Ice Cave and personnel. Volume of abstracts IWIC-III international Workshop on ice caves, Kungur Ice Cave, Perm Region, Russia, May 12–17, 2008, p. 46

**RESEARCH IN THE KUNGUR ICE CAVE CARRIED OUT BY THE MINING
INSTITUTE UB RAS FROM 2004 TO 2024**

Kadebskaya O.I., Krasikov A.V.

Mining Institute of the UB RAS

For citation:

Kadebskaya O.I., Krasikov A.V. Research in the Kungur Ice Cave carried out by the Mining Institute UB RAS from 2004 to 2024 // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 1. – P. 45–57. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.5>

The article considers the latest and most outstanding achievements of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in different scientific directions over a twenty-year period of activity. The works on delineation of the main structural and morphological and morphometric indicators, peculiarities of grottoes and galleries of the cave have been carried out. A detailed textural and structural description of all rock formations composing the massif was made and the existing lithological-stratigraphic section was supplemented, the conditions of sedimentation were established. A new topographic plan of the cave and a plan of the surface of the mountain massif were obtained. Studies were carried out on the strength and deformation characteristics of the rocks composing the Ice Mountain massif. For the first time, the main physical and mechanical parameters were determined for the sulfate-carbonate rocks of the massif. The morphology and composition of newly formed minerals in the Kungur Ice Cave are described. In hydrochemical

studies, a method based on the study of variations in hydrogen and oxygen isotope ratios was used for the first time, which provided new data on the composition and movement of groundwater in the karst massif. Biological, seismological, radiological and surveying methods were developed and incorporated into annual monitoring. An assessment of the excursion and museum activities of the staff of the Mining Institute has been carried out.

Keywords: Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, scientific laboratory, Kungur Ice Cave, research, monitoring.

Сведения об авторах

Кадебская Ольга Ивановна, доктор географических наук, заведующая Кунгурской лабораторией-стационаром Горного института УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ГИ УрО РАН»), 614007, Пермский край, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 78А; e-mail: icescave@bk.ru

Красиков Алексей Викторович, ведущий инженер Кунгурской лаборатории-стационара, «ГИ УрО РАН»; e-mail: alexeykrasikov55@gmail.com

Материал поступил в редакцию 29.10.2024

ПОРТРЕТ УЧЕНОГО



АНДРЕЙ МИХАЙЛОВИЧ БЕЛАВИН – АРХЕОЛОГ И ОРГАНИЗАТОР

Н.Б. Крыласова, *Институт гуманитарных исследований УрО РАН,
Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет*

Для цитирования:

Крыласова Н.Б. Андрей Михайлович Белавин – археолог и организатор // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 59–75. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.6>



Андрей Михайлович Белавин – известный российский археолог, оставил яркий след в истории Пермского края и как ученый, и как талантливый организатор. Он был основателем Школы юных археологов и Научного общества учащихся при Пермском городском дворце пионеров; создал в ПГГПУ Камскую археолого-этнографическую экспедицию, на базе которой под его руководством в начале XXI в. оформилась пермская научная археологическая школа; стоял у истоков появления первого в Пермском крае гуманитарного академического учреждения. Он основал ряд периодических изданий, в которых публикуются результаты новейших исследований в области археологии. Разработанные им научные концепции коренным образом изменили представления о средневековой эпохе в Пермском крае. Среди этих концепций важнейшее значение имеют локализация в Пермском Предуралье стран и народов Вису и Чулыман, известных по письменным источникам, выделение Камского торгового пути как ответвления Великого Волжского пути, уточнение представлений о взаимоотношениях с Волжской Болгарией, торгово-ремесленных факторий и ранней урбанизации Прикамья, о товарном производстве меди и сплавов на ее основе и многое другое.

Ключевые слова: Андрей Михайлович Белавин, археология, эпоха Средневековья, научная школа, научные концепции, Камский торговый путь.

Уже прошел год... 14 марта 2024 г. не стало Андрея Михайловича Белавина, который в 2003 г. стоял у истоков появления первого в Пермском крае гуманитарного академического учреждения. Поначалу оно функционировало как филиал Института истории и археологии УрО РАН, в 2013 г. было преобразовано в Отдел истории, археологии и этнографии ПИЦ УрО РАН (ныне ПФИЦ УрО РАН), а сейчас является подразделением Института гуманитарных исследований УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН). И все эти годы А.М. Белавин был нашим бессменным руководителем. Именно он очень тщательно и вдумчиво подбирал сотрудников. С кем-то пришлось проститься, и надо сказать, каждый раз Андрею Михайловичу было очень непросто набраться решимости предложить человеку уволиться. И он не прогадал, почти все из оставшихся остепенились, а А.В. Черных, когда-то молодой сотрудник Пермского краеведческого музея, не только быстро защитил докторскую диссертацию, но и стал первым в г. Перми членом-корреспондентом РАН из гуманитариев.

Руководил А.М. Белавин мягко и ненавязчиво – никогда не давил, давал полную волю в выборе направлений исследо-

ваний, но всегда придумывал так, чтобы общая тема Отдела охватывала их все и вела к решению тех задач, которые он перед нами ставил. Очень не хватало его одобрения полученных нами результатов, возможности посоветоваться с ним, обсудить свои идеи, и даже – перспективы получить нагоняй за недостаточную научную активность...

А.М. Белавин – коренной пермяк, родился 5 июля 1958 г. в г. Перми. Мама его, Валентина Владимировна, закончила филфак ПГУ на одном курсе с известным пермским лингвистом Е.Н. Поляковой, с которой долгие годы дружила. Папа, Михаил Васильевич, тоже учился в ПГУ на физико-математическом факультете, затем – в Ленинградском политехническом институте и УрГУ и стал «физиком из ящика» в ЗАТО Челябинск-70 (ныне г. Снежинск). М.В. Белавин прошел путь от простого инженера до начальника лаборатории, а в 1980 г. стал лауреатом государственной премии СССР за разработку и внедрение унифицированной системы автоматики подрыва ядерных зарядов. Он не раз участвовал в ядерных испытаниях на Семипалатинском и Новоземельском полигонах (рис. 1).



Рис. 1. Андрей с родителями, 7 ноября 1959 г., г. Свердловск

Андрей был всегда очень творческим человеком, при возможности старался превратить сложную задачу в увлекательную игру. Часто вспоминал, как однажды родители поручили перекопать участок под посадку картошки. Он страшно не любил эти огородные работы, но позвал школьного друга, они поделили поле, устроили соревнование, кто быстрее вскопает свою часть, а потом вырезали из фанеры Знак качества и воткнули посередине участка! И так было всегда – сложные и нервные ситуации по заезду археологической экспедиции, установке или сбору лагеря превращались в квест (как бы сейчас сказали) и проходили легко и с шутками.

Он когда-то мечтал стать геологом, привлекаемый романтизмом профессии, но перспектива сдавать математику (которая вызывала трудности) привела его

на исторический факультет ПГУ, где можно было стать археологом, что не менее манило. Одного балла не хватило для поступления на дневное отделение, и год он учился на заочном, одновременно работая в Государственном архиве Пермской области. Потом перевелся на дневное отделение, и тут уж студенческая жизнь захлестнула с головой. Он был одним из ведущих артистов театра ПОСАТ (политическая сатира) (рис. 2), который в то время блистал на студенческих веснах, занимался тяжелой атлетикой, был одним из лидеров студенческого профкома, вел радиотрансляции в перемены. Даже участвовал в массовке в фильме «Против течения» (1981 г., Свердловская киностудия), который снимался в Хохловке (рис. 3). Их с однокурсниками отправили туда с летних военных сборов [1, 11-12].



Рис. 2. На выступлении театра ПОСАТ, декабрь 1979 г.

Так вышло, что, поступив на вечернее отделение, на археологическую практику он не успел и проходил ее в кабинете археологии, где быстро стал своим, влился в археологическую жизнь факультета, начал участвовать в археологических разведках и раскопках (рис. 4). Первая тема исследований под руководством В.А. Оборина была посвящена изразцам

из раскопок Орла-городка и Соликамска. Именно с ней он дебютировал на студенческих конференциях (рис. 5). Очевидцы, участники Урало-поволжских студенческих конференций, вспоминают, что тогда он им показался очень взрослым, уже опытным исследователем, хотя был таким же, как они, студентом [2, 54]. Благодаря своему легкому веселому характеру,



Рис. 3. На съемках фильма «Против течения», 1980 г., Хохловка



Рис. 4. На раскопках в г. Соликамск, 1977 г.



Рис. 5. Награждение на XII Урало-Поволжской археологической студенческой конференции, г. Уфа, 1980 г.

он со многими подружился, и это была дружба навсегда – практически в любом городе, куда потом доводилось приезжать по каким-то делам, находился друг с тех студенческих конференций, который встречал с распростертыми объятиями

Но вот закончилось время студенчества, и открылся новый талант А.М. Белавина как основателя и созидателя. В 1979 г., еще студентом, он основал *Археологический клуб старшеклассников*,

базирувавшийся в «Муравейнике» (рис. 6). Постепенно этот клуб преобразовался в *Школу Юных археологов*, которая проработала долгие годы и всегда занимала лидирующие позиции среди подобных школьных объединений на Урале [3]. В 1980 г. он вместе с Л.А. Коротковой стал основателем *Научного общества учащихся* при Пермском городском Дворце пионеров (их так и звали – мама и папа НОУ).



Рис. 6. А.М.Белавин с кружковцами на раскопках селища Запоселье I, 1983 г.

В 1983 г. А.М. Белавин перешел на основную работу в Пермский государственный педагогический институт, где И.С. Капцугович восстановил исторический факультет (хотя Дворец пионеров не бросил). Там по инициативе Андрея Михайловича для обеспечения полевой археологической и этнографической практики студентов исторического отделения филфака была образована *Камская археолого-этнографическая экспедиция*. В ПГПИ (потом ПГПУ, ПГГПУ) Андрей Михайлович поступил ассистентом и в итоге стал профессором, он был и завкафедрой (рис. 7), и замдекана по заочному отделению, и многие годы – проректором по научной работе и внешним связям (рис. 8). В начале XXI в. здесь сформировалась новая *Пермская научная археологическая школа*, лидером которой был А.М. Белавин [4, 6].

Летом 1985 г. А.М. Белавин на несколько дней уехал из экспедиции, чтобы принять участие в VI Международном конгрессе финно-угров в г. Сыктывкар (рис. 9). Именно тогда его университетский научный руководитель В.А. Оборин познакомил Андрея с А.Х. Халиковым, к которому он поступил в аспирантуру. По его воспоминаниям, Альфред Хасанович давал полную волю в изложении своих взглядов и совсем немного корректировал текст диссертации. Андрей Михайлович постоянно вспоминал фразу Альфреда Хасановича: *«Андрей, не бойтесь бросать камни в наше научное болото, а потом наблюдайте, как будут расходиться круги...»*, – и всегда следовал этому завету. Забегая вперед, отмечу, что многие из его научных концепций вызывали шквал эмоций среди коллег, подвергались резкой критике.



Рис. 7. А.М. Белавин в должности заведующего кафедрой Отечественной истории ПГПУ, 1997 г.



Рис. 8. А.М. Белавин в должности проректора по науке и внешним связям ПГПУ, 2010 г.

Но его идеи выдержали испытание временем, получили новые убедительные подтверждения и прочно вошли в историографию.

В 1986 г. декан истфака ПГПИ В.А. Шмыров при сотрудничестве с директором Школы олимпийского резерва в г. Чусовом Л.Д. Постниковым придумал создать *Музей истории р.Чусовой*. Была разработана большая программа, в рамках которой А.М. Белавин провел серию археологических экспедиций в окрестностях Чусового на Саломатовском

городище (1986 г.), могильнике и селище Телячий Брод (1986-1987, 1989 гг.). Несколько лет мы посвятили этому музею (рис. 10). Я тогда была еще студенткой, мы с однокурсницами своими руками создавали экспозиции, проводили недели на «Огоньке» в разное время года вместе с преподавателями В.А. Шмыровым, А.М. Белавиным, А.А. Терехиным, А.В. Голдобиним. Не всё, конечно, осталось с тех времен, но при посещении музея (сейчас Этнографический парк) чувствуется и наш вклад.



Рис. 9. Участники VI Финно-угорского конгресса, 1985 г. Во втором ряду в центре – А.Х. Халиков, справа – В.А. Оборин и А.М. Белавин

В 1991 г. А.М. Белавин в Диссертационном совете ЛОИА АН СССР (ленинградское отделение института археологии) защитил кандидатскую диссертацию «Волжская Болгария и Пермское Приуралье в X-XIII вв. (к вопросу о культурном и экономическом взаимодействии)», а спустя несколько лет, в 2000 г., в том же совете (но уже при Институте истории материальной культуры РАН) – докторскую диссертацию «Экономические и культурные связи средневекового Предуралья». С защитами нередко случаются казусы, про кандидатскую лучше умолчать, а на докторской защите случилось так, что уже оставалось несколько часов до доклада, а отзыв одного из оппонентов – Е.П.Казакова – до сих пор не поступил. Андрей Михайлович постоянно бегал в ближайшее почтовое отделение, в результате отзыв получил, но так стер ноги, что защищался в домашних тапках и уютной вязаной кофте. Но в ИИМК РАН его так любили, что лишь по-дружески посмеялись над таким имиджем.

Еще одна важная сторона деятельности Андрея Михайловича – это *издание книг и учебников*. В советские времена каждая публикация ценилась буквально на вес золота... Попасть в сборник или журнал, а уж тем более издать книгу, было чрезвычайно непросто. Где-то к 1991/1992 г. относится составленный А.М. Белавиным план-проспект учебного пособия по истории родного края под названием «Одно тысячелетие из истории Прикамья (VII-XVII вв.)», который сохранился в домашнем архиве. Предполагалось, что оно станет первой частью трехтомного краеведческого пособия под общей редакцией И.С. Капцуговича. По какой-то причине этот проект реализован не был. В 1993 г. А.М. Белавиным было составлено примерное тематическое планирование курса «Страницы истории Земли Пермской» для учащихся 8 классов. Вскоре при сотрудничестве с руководителем издательства «Книжный мир» Н.Ф. Шнетковской началась работа над учебником «Страницы истории Земли



Рис. 10. А.М. Белавин в образе Ермака, 1990 г.

Пермской», который был подготовлен для обеспечения регионального компонента преподавания истории в Пермской области. Мы постарались выложиться по полной, создать относительно краткий и, вместе с тем, содержательный текст, насколько было тогда возможным, дополнить его иллюстрациями. К учебнику сделали еще рабочую тетрадь. Первая часть вышла в 1995 г. [5], за нее мы впервые (и практически в последний раз) получили гонорар, купили на него по модной кожаной куртке и были счастливы. Позже вышла и вторая часть учебника [6]. И очень приятно, что, по отзывам учителей и учеников, учебники пришлись по душе.

А потом Андрей Михайлович подготовил макеты монографий «Камский торговый путь» (2000 г.) [7] и «История прикамского костюма» (2001 г.) [8]. В 2002 г. с сотрудниками КАЭЭ подготовил учебное пособие «Очерки археологии Пермского Предуралья» [9], где впервые с 1958 г., когда вышла известная книга «На заре истории Прикамья» [10], были обобщены результаты новых археологических исследований (а в 2022 г. –

существенно обновленные «Очерки археологии Пермского Предуралья» с изложением самых современных научных представлений от ведущих специалистов [11]).

Ему очень нравилось самому создавать макеты, выбирать шрифты, украшения, подбирать иллюстрации. Со временем завязалось тесное сотрудничество с издательством технического университета (сейчас ПНИПУ), особенно с А.А. Федоровой. Анна Альбертовна мягко и тактично наставляла его, как правильно создавать макеты, какие тонкости учитывать, и со временем качество изданий улучшалось. В 2001 г. вышли I-II выпуски «Трудов Камской археолого-этнографической экспедиции» [12], это периодическое издание сейчас хорошо известно и очень востребовано среди коллег-археологов не только в России, но и в Венгрии, Финляндии. Новейшим стал выпуск XXV, посвященный памяти А.М. Белавина, который вышел в конце 2024 г. при участии ИГИ УрО РАН [13]. В 2006 г. Андрей Михайлович собрал первый выпуск «Вестника музея археологии и этнографии Пермского Предуралья» [14], где первоначально планировалась публикация описания предметов, хранящихся в музее, но сейчас этот журнал стал важной площадкой для обсуждения вопросов музейной педагогики. В 2008 г. был запущен новый проект – серия «Археология Пермского края. Свод археологических источников». Над первой монографией в этой серии: «Древняя Афкула: археологический комплекс у с. Рождественск» [15], – мы с ним работали многие годы, собирая материалы всех исследований, начиная с XIX в. и даже раньше. Сейчас в серии уже 4 выпуска [15-18]. Уверена, все эти проекты продолжают развиваться.

Несмотря на насыщенную административную деятельность, отнимавшую много времени, Андрей Михайлович не

снижал своей научной активности. У него вышло более 300 публикаций, среди которых около 20 монографий. И, конечно, получают дальнейшее развитие его научные концепции, которые существенно изменили представления о средневековой истории Пермского края. Эти концепции зачастую разрабатывались параллельно и были во многом взаимосвязаны.

Одна из первых концепций, которая предопределила ход дальнейших исследований, связана с *локализацией на территории Пермского края страны и народа Вису, земли и народа Чулыман*, известных по письменным источникам [19-20]. Ранее многие исследователи по созвучности соотносили Вису с прибалтийско-финским племенем весь, да и сейчас можно встретить статьи, где поддерживается именно эта точка зрения. Но Андрей Михайлович никогда не относился к источникам поверхностно, стремился докопаться до сути. И здесь он сопоставил все данные, приведенные в источниках, с реальностью. Прежде всего, он сопоставил данные об упоминаемом расстоянии в днях пути с известным расстоянием от ключевых населенных пунктов Волжской Болгарии до самых значимых памятников Пермского Предуралья, доказав, что разночтения в указанных расстояниях определяются способом достижения цели – речным путем против или по течению, сухопутным путем в летнее или в зимнее время (по льду и снегу на санях и лыжах). Он учел взаиморасположение иных известных земель (Йура, страна Мрака) по отношению к Вису. Но самое главное, внимательно проанализировав археологические источники, Андрей Михайлович констатировал, что только жители Пермского Предуралья могли в то время быть крупнейшими торговыми партнерами болгар, как это описывается в источниках, но не племя весь. Здесь концентрируется большое количе-

ство предметов, напрямую связанных с торговлей, в том числе, знаковые вещи, свидетельствующие о посреднической роли местных жителей в торговых компаниях болгар. Именно территория современного Пермского края могла быть частью Волжской Болгарии, население которой, по сведению Ал-Гарнати (XII в.), платило поземельный и подушный налоги – харадж и джизью, предусмотренные для немусульманского населения государства.

В XII в. в источниках вместо страны и народа Вису появились упоминания страны и народа Чулман (Чулыман). Вероятно, это было не случайно. По современным представлениям, граница между средневековыми археологическими культурами Пермского Предуралья, которая ранее была обозначена в IX в., на основе новейших результатов археологических исследований, прежде всего, могильников X-XI вв. (Баяновский, Огурдинский, Рождественский), перенесена на рубеж XI-XII вв. Что произошло в этот момент, пока достоверно не известно, но явно ощущается коренной перелом и в хозяйственно-культурном типе, который стал базироваться на пашенном земледелии, и в материальной культуре, и в мировоззрении населения, и это как раз и выразилось в смене наименования населения и земель, на которых оно проживало.

В том числе на основании этих концепций развивалась тема *культурно-экономического взаимодействия населения Пермского Предуралья с крупнейшим средневековым феодальным государством – Волжской Болгарией*, которую Андрей Михайлович разрабатывал в кандидатской диссертации (рис.11) и продолжал «шлифовать» в дальнейшем. А результатом научных изысканий стала совершенно новая концепция о существовании *Камского торгового пути* [21], который функционировал как северо-



Рис. 11. А.М. Белавин в фотоархиве ИИМК РАН, 2005 г.

восточное ответвление Великого Волжского пути. В VII–IX вв. этот путь стал использоваться в ходе восстановления разрушенной при Великом переселении народов системы связей с Востоком. Сначала использовалась только «верхняя» часть этого пути – от района современной Перми по Каме вверх и далее на Чепцу, на Вычегду, а по Чусовой – в Зауралье. К начальной точке этого пути на отрезке Камы между устьями Обвы и Чусовой подходил степной путь через Среднюю Азию, Усть-Урт, по казахстанским, оренбургским и башкирским степям до северной оконечности Кунгурско-Мясигутовской лесостепи, по которому в свое время на эти территории поступала драгоценная серебряная посуда из Персии, известная в литературе как «серебро Закамское».

В X–XIII вв., когда Пермское Предуралье стало основным северо-восточным

торговым партнером Волжской Болгарии, оформилась *нижняя и средняя часть Камского торгового пути* с начальной станцией в Алабуге (Елабуге). Это был расцвет Камского речного пути, который стал основным для продвижения болгарских и восточных купцов к Вису и иным народам Севера [22]. Вхождение Предуралья в международную торговую систему привело к становлению здесь новой системы управления, маркирующей начало формирования раннефеодальной социально-экономической системы. Главы родов тех территорий, которые были опорными в меховой и соляной добыче и торговле, стали представителями болгарской феодальной администрации. В сочинении Ибн Фадлана есть указания на существование между царем Волжской Болгарии и народом Вису дипломатической переписки, возможность существования которой подтверждается находками на городищах Пермского Предуралья косяных и железных писал-стилосов.

В XIII–XV вв. Волжская Болгария, став частью Золотой Орды, изменила основное направление торговой деятельности в северных землях на Зауралье и Западную Сибирь (Приобье), и в этом деле их основными партнерами выступали «купцы чулыманские». После распада Золотой Орды Предуралье стало частью территорий, активно осваивавшихся переселенцами из Северо-Восточной Руси.

Разрабатывая тему торговли, Андрей Михайлович обращался к *вопросу о составе товаров*, поставлявшихся из Пермского Предуралья. Кроме пушнины, которая всегда считалась основным товаром в международной торговле, он называет, в том числе (помимо отборного зерна, соли, меда и пр.), *слитки меди и сплавов на ее основе* [23]. Результаты исследований показывают, что предуральские ремесленники сами легировали медь, производя различные сплавы (бронзы и латуни). Эти

сплавы, отлитые в слитки, использовались для внутренних нужд и для экспорта в районы, где отсутствовали собственные разработки цветных металлов – на территории расселения родственных финно-угорских племен, в Волжскую Болгарию, на Русь. Нередко формы-изложницы имеют литейные гнезда разного размера, что может свидетельствовать о существовании системы «номиналов» металлических слитков и возможном использовании их в качестве денежного эквивалента.

И опять же в непосредственной связи с ранее высказанными идеями получили развитие концепция о *торгово-ремесленных факториях болгар* на территории Пермского Предуралья и примыкающая к ней концепция *ранней урбанизации Прикамья* и появления «протогородов» [24-26]. Андрей Михайлович соотнес известные по письменным источникам городки Афкула, Ыбыр, Чулман и др. с конкретными городищами в Пермском крае. Особое внимание он уделял городку касаб Афкула (Авакуль, Акикул), соотнесенному с Рождественским городищем в Карагайском муниципальном округе Пермского края, которому посвятил множество

публикаций. Исследования, продолженные на Рождественском археологическом комплексе с 2008 г. (рис. 12), принесли еще больше фактов в пользу правомерности выводов А.М. Белавина. В частности, ряд открытых здесь мастерских можно напрямую связывать с выходцами из Волжской Болгарии. По его мнению, *«в качестве основного пути возникновения раннегородских (протогородских) центров в Волго-Камье может быть признан путь формирования торговых поселений, участвующих в дальней транзитной торговле и являющихся её опорными пунктами. Вероятно, что протогород отличается от обычного сельскохозяйственного поселения наличием среди его жителей представителей иных народов и стран (в том числе, имеющих свои кладбища и места отправления культов и обрядов), относительно большим количеством импортов, иной, более высокой, бытовой культурой и рядом других признаков»* [27, 5]. Он определил следующие критерии, выделяющие, на его взгляд, протогорода из остальных поселений: 1) значительная площадь, двух- или трехчленная структура (укре-



Рис. 12. А.М. Белавин с участниками Камской археолого-этнографической экспедиции на Рождественском городище, 2008 г.

пленная часть + неукрепленный посад + цитадель); 2) насыщенный культурный слой с наличием свидетельств различных ремесленных производств и интенсивной транзитной торговли; 3) наличие свидетельств социально-имущественной дифференциации среди жителей [24, 110].

Тема протогородов вызвала оживленную дискуссию в научных кругах. Многие остались при своем убеждении, что никаких протогородов не существует, и если населенный пункт в итоге не стал городом, то никаким «протогородом» он не был. На это Андрей Михайлович на одной из конференций сказал примерно следующее: *«Если современники именовали населенный пункт городом, и это зафиксировано в источниках, у нас не должно оставаться никаких сомнений в том, что это действительно город»*.

И еще один важный вопрос, связанный с темой болгарских факторий, это ранняя исламизация Прикамья [25]. На большинстве городищ, которые Андрей Михайлович относил к торгово-ремесленным факториям, обнаружены мусульманские захоронения.

Наибольшее количество таких погребений домонгольского времени изучено возле Рождественского городища (Афкула). В этом городке найдены мусульманские амулеты, детали четок. Ал-Омари (перв. пол. XIV в.), на основе рассказа странствующего купца Бедреддина Хасана Эрруми, указывал, что в «касабу» Акикул направляли определителя времени молитв, который исчислил его посредством астрономических инструментов и нашел, что самая короткая ночь там 3 1/2 часа. Идею о том, что ислам проник на территорию нашего края более 1000 лет назад, активно поддерживали современные мусульмане, которые начали регулярно посещать Рождественское городище, проводить там молебны, популяризировать болгарскую часть материалов, обнаруженных при раскопках (рис. 13). Андрей Михайлович никогда не отказывал им в научно-методической помощи, но всегда подчеркивал, что население городища было полиэтничным и поликонфессиональным, здесь мирно по-соседски жили и местные язычники, и приезжие мусульмане, и странствующие купцы-христиане.



Рис. 13. Муфтий Мухаметгали Хузин вручает А.М.Белавину «Знак почета» Пермского муфтията. Рождественское городище, 2012 г.

В наибольшей степени подверглась критике «угорская теория» [29], которая показалась неприемлемой для сторонников финно-пермской принадлежности местных жителей. Андрей Михайлович, как и большинство исследователей, определял средневековое население Пермского Предуралья как финно-угорское. Но, по его убеждению, в IX-XI вв. (а может, и с более раннего времени) в составе населения преобладал угорский компонент, а при переходе

к родановской культуре ситуация поменялась. Этой теме посвящено множество статей, выступлений на разнообразных конференциях, монография. Представлено множество доказательств, подтверждающих факт принадлежности носителей ломоватовской культуры к уграм, а в X-XI вв. более конкретно – к венграм-мадьярам, оставшимся в Предуралье после исхода основной их массы на запад, где в итоге появилась Венгрия (рис. 14).



Рис. 14. А.М. Белавин знакомится с материалами из фондов Венгерского национального музея. Будапешт, 2010 г.

Представляется, что часть из них сдвинулась на север в пределы ломоватовской культуры, ярким подтверждением чему являются материалы Баяновского могильника в Добрянском ГО Пермского края. В раскопках этого памятника неоднократно принимали участие венгерские коллеги, которые на основе генетических анализов подтвердили версию о том, что в могильнике захоронены их предки (рис. 15). Совершенно очевидно, что территория Пермского края принадлежит к легендарной Magna Hungaria – гипотетической прародине венгров, где продолжали жить потомки мадьяр, не ушедших в Подунавье. В 1230-х гг. в поисках легендарной родины мадьяр фран-

цисканский монах брат Юлиан встретил венгроязычное население «у великой реки Этил», которую исследователи идентифицируют как Волгу или Каму. А.М. Белавин с другом и коллегой В.А. Ивановым (рис. 16) обсуждали план будущей монографии, посвященной Magna Hungaria...

Идеи, высказанные и проработанные А.М. Белавиным, в значительной мере изменившие представления о средневековой эпохе в Пермском крае, в итоге были приняты научным сообществом, подтверждением чему является тот факт, что именно он приглашался для написания соответствующих разделов в такие масштабные академические издания, как



Рис. 15. А.М. Белавин и руководитель группы венгерских исследователей А. Тюрк. Баяновский могильник, 2015 г.



Рис. 16. А.М. Белавин и В.А. Иванов, г. Воронеж, 2016 г.

Vulgarica [30], 7-томник «История татар» [31], 7-томник «Археология Волго-Уралья» [32], 8-томник «Академическая история Югры» [33].

Андрей Михайлович подготовил

прочную базу для наших дальнейших исследований, и нам остается в память о нем не сбавлять темпов научной активности и идти вперед к раскрытию тайн прошлого Пермского края (рис.17).



Рис. 17. А.М. Белавин и Н.Б. Крыласова, Рачёвское городище, 2013 г.

Библиографический список

1. Крыласова Н.Б. Такая многогранная интересная жизнь в вещах, фотографиях и документах: обзор личного фонда А.М. Белавина // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XXV: сборник научных трудов памяти А.М. Белавина / Под общей редакцией Н.Б. Крыласовой. – Пермь: ПГГПУ, 2024. – С. 10-34. DOI: 10.24412/2658-7637-2024-25-10-34
2. Черных Е.М. «Друзья уходят как-то невзначай...» // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XXV: сборник научных трудов памяти А.М. Белавина / Под общей редакцией Н.Б. Крыласовой. – Пермь: ПГГПУ, 2024. – С. 54-56. DOI: 10.24412/2658-7637-2024-25-54-56
3. Рубцов А.В. Традиции школьной археологии в Прикамье // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XXV: сборник научных трудов памяти А.М. Белавина / Под общей редакцией Н.Б. Крыласовой. – Пермь: ПГГПУ, 2024. – С. 65-71. DOI: 10.24412/2658-7637-2024-25-65-71
4. Саранулов А.Н. А.М. Белавин: личность в науке (к вопросу о научной археологической школе в Пермском государственном гуманитарно-педагогическом университете) // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XIV: Средневековая археология Евразии: от Ямала до Карпат: сб. научн. тр. к 60-летию юбилею А.М. Белавина / Под общей редакцией Н.Б. Крыласовой. – Пермь: ПГГПУ, 2018. – С. 4-26. DOI: 10.24412/2658-7637-2018-14-4-26
5. Страницы истории земли Пермской: Прикамье с древнейших времен до начала XVIII в. / Н.Н. Агафонова, А.М. Белавин, Н.Б. Крыласова / Под ред. А.М. Белавина. – Пермь: Книжный мир, 1995. – 176 с., ил.
6. Страницы истории земли Пермской. Часть вторая: Прикамье с XVIII-XX вв. / Н.Н. Агафонова, А.М. Белавин, Н.Б. Крыласова, А.Б. Суслов, М.Г. Нечаев / Под ред. А.М. Белавина. – Пермь: Книжный мир, 1997. – 336 с., ил.
7. Белавин А.М. Камский торговый путь: средневековое Предуралье в его экономических и этнокультурных связях. – Пермь: ПГПУ, 2000. – 201 с. с илл.
8. Крыласова Н.Б. История Прикамского костюма: костюм средневекового населения Пермского Предуралья. – Пермь: ПГПУ, 2001. – 260 с.
9. Очерки археологии Пермского Предуралья: учебное пособие для студентов и аспирантов / Под ред. А.М. Белавина. – Пермь: ПГПУ, 2002. – 254 с.
10. Бадер О.Н., Оборин В.А. На заре истории Прикамья. – Пермь: Пермск. кн. изд-во, 1958. – 244 с.
11. Очерки археологии Пермского Предуралья: учебное пособие / А.М. Белавин, В.А. Иванов, Н.Б. Крыласова, Е.Л. Лычагина, П.Ю. Павлов, Д.В. Шмуратко; под ред. Н.Б. Крыласовой – 2-е изд., испр. и доп. – Пермь: ПГГПУ, 2022. 315 с., ил.
12. Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. I-II / Под ред. А.М. Белавина. – Пермь: ПГПУ, 2001. – 156 с.

13. Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XXV: сборник научных трудов памяти А.М.Белавина / Под общей редакцией Н.Б. Крыласовой. – Пермь: ПГГПУ, 2024. – 255 с.
14. Вестник Музея археологии и этнографии Пермского Предуралья. Вып.1: Сб. научн. ст. / Редколлегия А.М. Белавин (отв. за выпуск), Н.Б. Крыласова (главн. редактор) и др. – Пермь: ПГПУ, 2006. – 160 с.
15. *Белавин А.М., Крыласова Н.Б.* Древняя Афкула: археологический комплекс у с.Рождественск / Археология Пермского края. Свод археологических источников. Вып. I. – Пермь: ПГПУ, 2008. – 603 с.
16. *Белавин А.М., Крыласова Н.Б.* Огурдинский могильник / Археология Пермского края. Свод археологических источников. Вып. II. – Пермь: ПГПУ, 2012. – 259 с.
17. *Крыласова Н.Б., Лычагина Е.Л., Белавин А.М., Скорнякова С.В.* Археологические памятники Чашкинского озера / Археология Пермского края. Свод археологических источников. Вып. III. – Пермь: ПГГПУ, 2014. – 565 с.
18. *Крыласова Н.Б., Брюхова Н.Г.* Плотниковский могильник / Археология Пермского края. Свод археологических источников. Вып. IV. – Пермь: ПГГПУ, 2017. – 259 с.
19. О локализации Страны Вису в Пермском Приуралье // Коми-Пермяки и финно-угорский мир. Материалы 1 Международной научно-практической конференции. Кудымкар, 26-27 мая 1995. Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. из-во. 1997. С.166-171
20. Камский торговый путь из Болгара «в страну Вису и Чулыман» // Международные связи, торговые пути и города Среднего Поволжья IX-XII веков. Казань: ОВ РАН, ИИ АНТ. 1999. С. 161-173
21. *Крыласова Н.Б.* Вклад А.М. Белавина в разработку и развитие концепции Камского торгового пути // Камский торговый путь: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. И.В. Корниловой, А.З. Нигамаева, Г.М. Полькиной. – Набережные Челны: Изд-во НГПУ, 2024. – С.4-25
22. *Белавин А.М.* Реки как транспортная основа Камского торгового пути // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XXII. – Пермь: ПГГПУ, 2023. – С.3-14. DOI: 10.24412/2658-7637-2023-22-3-14
23. *Крыласова Н.Б.* К развитию концепции А.М. Белавина о товарном производстве меди и сплавов на ее основе в средневековом Пермском Предуралье // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XIV. – Пермь: ПГГПУ, 2018. – С.54-69. DOI: 10.24412/2658-7637-2018-14-54-69
24. *Белавин А.М.* О социально-экономических критериях выделения протогородов у коренных народов Урало-Поволжья // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. I-II. – Пермь: ПГПУ, 2001. – С. 108-111
25. *Белавин А.М.* Торговые фактории волжских болгар и пути возникновения городов в Поволжье и Предуралье в средние века // Средневековая Казань: возникновение и развитие. – Казань: ИИ АНТ, 2000. – С. 122-127.
26. *Белавин А.М.* Торговые фактории болгар как фактор ранней урбанизации Пермского Предуралья в эпоху средневековья // Древние и средневековые общества Евразии: перекресток культур. Международный научный симпозиум, посвященный памяти видного ученого-археолога, профессора, академика Академии наук Республики Башкортостан, доктора исторических наук Н.А. Мажитова. г. Уфа, 6-7 декабря 2018 года. Сборник материалов / под общ. ред. А.И.Уразовой. – Уфа: Мир печати, 2018. – С.118-125
27. *Белавин А.М.* Проблемы раннего этапа урбанизации в Волго-Камье // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып.IV. – Пермь: ПГПУ, 2007. – С. 4-12.
28. *Белавин А.М., Крыласова Н.Б.* Древняя Афкула – исламская столица «Седьмого климата» // Ислам в Волго-Камье и Предуралье: ранние страницы истории. материалы Всерос. научн. конф. с международным участием в рамках Третьего Международного форума мусульманской культуры «Мусульманский мир-2012» (Пермь, 16 марта 2012 г.). – Пермь: ПГГПУ, 2012. – С.30-41
29. *Иванов В.А.* Творческий путь Андрея Михайловича Белавина «из болгар в угри» // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. Вып. XXV: сборник научных трудов памяти А.М. Белавина / Под общей редакцией Н.Б. Крыласовой. – Пермь: ПГГПУ, 2024. – С.81-89. DOI: 10.24412/2658-7637-2024-25-81-89

30. *Bulgarica*. Время и пространство Болгарской цивилизации: Атлас. – М.: Феория; Казань, 2012. – 472 с.
31. *Белавин А.М.* Народы Верхнего Прикамья и Волжская Булгария // История татар с древнейших времен в семи томах. Т. II: Волжская Булгария и Великая степь. – Казань: «РухИЛ», 2006. – С.378-394
32. Археология Волго-Уралья. В 7 т. / под общ. ред. А. Г. Ситдикова. – Казань: ИА им. А.Х. Халикова, 2021-2022
33. *Белавин А.М.* Глава 3. Западные соседи Югры в XI-XIV вв. (по археологическим данным) // Академическая история Югры: в 8 томах / под общ. редакцией Р.Г. Пихоя. Т.2: Югра в XI-XVI вв. / отв. редактор А.В. Головнев. – Ханты-Мансийск: Изд. дом «Новости Югры», 2024 г. – С.148-181

ANDREY MIKHAILOVICH BELAVIN, ARCHAEOLOGIST
AND MASTER OF ORGANIZATION

Krylasova N.B.^{1,2}

¹*Institute for Humanitarian Studies UB RAS*

²*Perm State Humanitarian Pedagogical University*

For citation:

Krylasova N.B. Andrey Mikhailovich Belavin, archaeologist and master of organization // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 1. – P. 59–75. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.6>

Andrey Mikhailovich Belavin is a famous Russian archaeologist who left a bright mark in the history of the Perm region both as a scientist and as a talented organizer. He was the founder of the School of Young Archaeologists and the Scientific Society of Students at the Perm City Palace of Pioneers; he created the Kama Archaeological and Ethnographic Expedition at the Perm State Humanitarian Pedagogical University, on the basis of which the Perm scientific archaeological school was formed under his leadership at the beginning of the 21st century; he stood at the origins of the first humanitarian academic institution in the Perm region. He founded a number of periodicals that published the results of the latest research in the field of archeology. The scientific concepts he developed radically changed the ideas about the medieval era in the Perm region. Among these concepts, the most important are the localization in the Perm Cis-Urals of the country and people of Visu and Chulyman, known from written sources, the identification of the Kama trade route as a branch of the Great Volga Route, ideas about the relationship with Volga Bulgaria, trade and craft trading posts and the early urbanization of the Kama region, about the commercial production of copper and alloys based on it, and much more.

Keywords: Andrei Mikhailovich Belavin, archeology, the Middle Ages, scientific school, scientific concepts, Kama trade route.

Сведения об авторе

Крыласова Наталья Борисовна, доктор исторических наук, профессор, главный научный сотрудник Института гуманитарных исследований УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИГИ УрО РАН»), 614013, Пермский край, г. Пермь, ул. Генкеля, д. 4; профессор кафедры отечественной и всеобщей истории, археологии, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет (ПГГПУ), 614990, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 24; e-mail: n.krylasova@mail.ru

Материал поступил в редакцию 26.02.2025

ИЗ ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ



Парк истории реки Чусовой

ОТ ТРОИЦЫ ДО СТРЕЧАУН: К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ХРОНОНИМОВ В КОМИ-ПЕРМЯЦКОМ ЯЗЫКЕ*

В.В. Никонов, *Институт гуманитарных исследований УрО РАН,
Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет*

Для цитирования:

Никонов В.В. От Троицы до Стречалун: к вопросу о происхождении и функционировании хрононимов в коми-пермяцком языке // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 1. – С. 77–81. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.7>

В данной статье рассматривается процесс адаптации хрононима «Троица» к фонетической системе коми-пермяцкого языка. Анализируются различные фонетические изменения, которым подвергся этот хрононим при заимствовании. Особое внимание уделено выявлению закономерностей трансформации исходного термина в новых языковых условиях и обсуждению причин этих изменений. В результате исследования выявлены несколько вариантов фонетического оформления хрононима «Троица», отражающих специфику взаимодействия русского и коми-пермяцкого языков.

Ключевые слова: коми-пермяцкий язык, народный календарь коми-пермяков, хрононимия, Троица.

Коми-пермяцкая хрононимия имеет целый ряд характерных особенностей, она функционирует в условиях билингвизма и активного взаимодействия с русским языком и русской культурой на протяжении длительного исторического периода. В основе названий праздников чаще всего православные их наименования, большей частью адаптированные под коми-пермяцкую фонетику.

В настоящей статье будут подробно рассмотрены оформленные в соответствии с правилами фонетики коми-пермяков варианты наименования хрононима «Троица» (День Святой Троицы), функционирующие в современном коми-пермяцком языке.

Различные варианты названия Троицы у коми-пермяков чаще всего связаны с фонетическими и диалектными особенностями исследуемого языка. Нами зафиксировано несколько вариантов наименований вышеуказанного христианского праздника: Троица, Трöича, Трöича, Строица, Стрöича, Стрöча, Строча, Стреча вун (лун), Стречаун. Цель и задачи данной статьи – исследовать процесс адаптации хрононимов к коми-пермяцкому языку, а также выявить фонетические изменения, происходящие в нём, на примере хрононима «Троица». В основу статьи положены материалы этнографических экспедиций в Кочевский, Гайнский и Косинский районы 1999–2014 гг.

* Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект РНФ №24-18-20015 «Коми-пермяки в языковом и этнокультурном пространстве Прикамья»).

из научного архива Института гуманитарных исследований УрО РАН, проводившихся под руководством члена-корреспондента РАН А.В. Черных, а также материалы полевых исследований автора статьи в Кочевском и Кудымкарском районах Пермского края в 2024 году.

В своей работе «Материалы для описания быта пермяков» Н.А. Рогов говорит, что вплоть до конца XIV века среди коми-пермяков бытовало язычество [1, 62]. Началом активного распространения христианства среди коми-пермяков принято считать XV век. Культурной предпосылкой христианизации Перми Великой является создание Пермской епархии на землях Перми Вычегодской [2, 182]. Именно в это время происходит значительное усиление влияния русской культуры на коми-пермяков. Хрононимы, связанные с христианскими праздниками, постепенно становятся частью повседневной жизни коми-пермяков, и в памятниках письменности начинают фиксировать отдельные термины. Так, исследуемый нами хрононим «Троица» встречается в двух рукописных словарях 1785 года, составленных протоиереем Антонием Поповым (1748–1788), где он зафиксировал его как «Троица» [3, 129, 143].

С приходом христианства в регионы, населенные финно-угорскими народами, в их культуре и традициях произошли значительные изменения, коснувшиеся и аспектов языкового самовыражения. В частности, в коми-пермяцком языке, который относится к финно-угорской языковой группе, появились новые лексические единицы, связанные с христианским календарём, в том числе и с празднованием Троицы.

Троица – один из крупнейших христианских праздников, который отмечается в честь Святой Троицы на пятидесятый день после Пасхи. В коми-пермяцком

языке, как и во многих других, для обозначения этого праздника сформировались специфические в фонетическом отношении лексические варианты.

Наиболее распространенным вариантом выбранного нами для исследования названия праздника является хрононим [тро·ица], заимствованный из русского языка и широко используемый в речи коми-пермяков. В данном варианте наименования не наблюдается никаких отклонений от русского прототипа, оно полностью интегрировано в коми-пермяцкий язык.

[Тро·ица па·нытас кыдз вайö·тлимö. Си·йö сад'и·тамö. А·шынас, кинлö·н мый эм, йу·ан, кин ва·йö, кин мый. С'а бэрг·га·ламö кру·гöн кы·дзсö] «Перед Троицей березу приносили. Посадим ее. На следующий день у кого что есть, выпить, кто принесет, кто что. Потом ходим кругами у березы». (Большая Коча Коч.)

Вариант хрононима «Троица» [тро·ица] распространен в двух наречиях коми-пермяцкого языка, как в северном, так и в южном. Носители южного наречия проживают в южной части Коми-Пермяцкого округа, в бассейнах рек Иньвы и Нердвы (Юсьвинский и Кудымкарский районы), а носители северного наречия проживают в северной части округа, частично в бассейнах Камы и ее правых притоков (Гайнский, Косинский и Кочевский районы) [4, 27].

Следующим распространенным вариантом является хрононим [тро·ича], который демонстрирует адаптацию русского слова к фонетической системе коми-пермяцкого языка: в данной системе отсутствуют согласные [ф], [ц], [ш] и [х] [5, 21]. Таким образом, происходит переход согласного звука [ц] в согласный звук [ч]: [тро·ица] > [тро·ича].

[А ми·йан си·йа, Тро·ича, Кö·час ту эм.] «А у нас она, Троица, в Кочевото есть». (Кочёво Коч.)

В диалектах северного наречия наблюдается фонетический вариант [трө·ича], в котором исконный гласный звук [о] заменяется на коми-пермяцкий звук [ö] (гласный среднего ряда, среднего подъема, неогубленный). Этот переход обусловлен контактами косинско-камской этнографической группы коми-пермяков с русскоязычным населением северных регионов. Стоит отметить, что в прошлом в северно-русских говорах функционировали два звука о (открытый ö и закрытый ô), которые коми-пермяками воспринимались по-разному: открытый звук [о] переходил в коми-пермяцкий звук [ö], а закрытый [о] воспринимался обычным звуком [о] [6].

[Трө·ича да Мика·йлөв лун. Дак вэс' у·лича, быдö·с наро·д гармо·шкаэзöн с'ы·лöны, о·рсöны. С'ы·лам, йöктöмön вэтлö·там. Сидз и ми вэс'эл'и·ччимö] «Троица да Михайлов день. Дак вся улица, весь народ с гармошками поет, играет. Поем, танцуем. Так мы и веселились». (Коса Кос.)

Достаточно распространены фонетические варианты [стро·ица] и [стрö·ича]. Мы обнаружили их в кочевском диалекте коми-пермяцкого языка. Появление согласного звука [с] в начале слова объясняется редким фонетическим процессом – протезой, когда к иноязычному слову добавляется лишний звук [с] в начале слова, типа **стола** (< тола), **стын** (< тын) и др. Стоит отметить, что в пермских языках отсутствуют стечения гласных и согласных звуков в начале слов и морфем, т.е. в пермских языках слова и морфемы начинаются или одним гласным и последующим согласным, или одним согласным и последующим гласным [6, 57-56].

«Перво Стрöица, а потом Духов

*день. Перво земля создавалась, а потом из земли-то береза. А не знаю, почему перво Стрöица, а потом Дуков день».** (Пелым Коч.)

На этом фонетические процессы в рассматриваемом нами наименовании не заканчиваются: наблюдается дальнейшая трансформация хрононима. Вариант [стрö·ича], более характерный для кочёвского диалекта, демонстрирует уже три фонетических процесса, которым было подвергнуто слово [трои·ца]: а) ожидаемый переход звука [ц] в [ч]; б) переход северно-русского ö в коми-пермяцкий звук ö; в) протеза, при которой появляется лишний звук [с].

[Ко·л'тт'з крас'и·тöны Ы·дэжыт лун кэ·жö, Стрö·ича кэ·жö. Ко·ркö ор·сы·лöмас'. Ко·л'т'энас пэ·тасö, у·лич вы·лын о·рсöны] «Яйца красят к Пасхе, к Троице. Когда-то играли. С яйцами выйдут, на улице играют». (Пелым Коч.)

[О·дзза гö·ддас Стрö·ича кэж бра·га кэ·расö, пиру·йтöны, гул'а·йтöны] «В прежние года к Троице брагу готовили, пируют, гуляют». (Пелым Коч.)

[Ры·тнас мöдö·тöны с'ы·лтön ва вы·лö, пруд ды·нын вö·ли. Стрö·ичанöй пэ·сн'а и с'ы·лисö] «Вечером отправляют без пеня к воде, у пруда было. Троицкие песни и пели». (Пелым Коч.)

В ходе исследования были выявлены еще два варианта наименования – [стрö·ча] и [стро·ча]. Данные варианты объясняются фонетическим процессом выпадения звука [и] в положении середины слова. В варианте [трои·ца] звук [и] подвергся выпадению (произошло стяжение гласных), и мы получили вариант [стрö·ча/стро·ча]. На выпадение гласных в середине слова указывала Р.М. Баталова в работе «Коми-пермяцкая диалектология» [5, 75-76].

* Пример употребления хрононима «Строица» был взят из материалов АЭМ. Пелым 2007 – Архив экспедиционных материалов ПФИЦ УрО РАН.

[Стрѳ·чанас гул'а-йтѳны. Кыдз ва-йасѳ, с'а-кѳй чышйа-ннэсѳ ѳ-шлѳны и мый. Мэ ды-н'ин дак эз н'и вѳл си-йа] «В Троицу гуляют. Березу принесут, всякие платки весят да что. При мне дак уже не было ее». (Большая Коча Коч.)

В южных диалектах встречается вариант [стрѳ·ча вун]. В данном случае хрононим представлен словосочетанием, в котором компонент [вун] означает день. В коми-пермяцком языке широкое распространение имеет словообразование путем сложения основ [4, 159]. Этот процесс часто встречается в диалектах коми-пермяцкого языка, поэтому мы можем встретить также вариант [стрѳ·чаун], в котором произошло слияние двух основ [стрѳ·ча + вун]. В анализируемом компоненте [стрѳ·чаун] нас интересует замена заднерядного гласного звука [о] на переднерядный [э]: троица > строича > стрѳча. Тяготение заднерядного гласного звука к переднерядным звукам в языке является довольно обычным явлением. Аккомодация звуков (изменение артикуляции, приспособление к соседним) характерна и для коми-пермяцкого языка. Так, звук [а] в пермских языках до недавнего времени считался то заднерядным звуком, то среднерядным [7, 19].

[Стрѳ·ча вун ко-ста кы-дзѳс мѳдѳ·ты-ввисѳ. ѳ-ни о-зѳ н'и. С'ы-вѳны, вѳтвѳ·тѳны, кыдз мѳдѳ·твѳны] [Н'э. Ко-вѳ, дак и вай, мѳдѳ·т. Л'э-нточкаэзѳн, мый ко-вѳ чи-сто мѳдѳ·тѳны] «На Троицу березки наряжали. А сейчас уже нет. Поют, ходят, березу украшают. [К каждому дому березку приносили?] Нет. Надо, так приноси, укрась. Ленточками украшают».

Библиографический список:

1. Рогов Н.А. Материалы для описания быта пермяков. – Москва: тип. «Грачева и К», 1860. – 127 с.
2. Головчанский Г.П К вопросу о завершенности процесса христианизации коми-пермяков // Труды КАЭЭ ПГПУ – 2009, № 6 – С. 182.
3. Пономарева, Л.Г., Грейдан, А. Религиозная лексика в коми-пермяцких рукописных словарях 1785 года и особенности её употребления в современном коми-пермяцком языке // Родной язык – 2020, № 1 – С. 129, 143.

(Большая Сидорова Куд.)

[Стрѳ·ча-ун си-йѳ шу-вѳны. Но, С'э-ми-к бѳ-рас Стрѳ·ча-ун. Крѳцѳ-нн'эас си-йа оы-вѳ. С'эми-к бѳ-рас Стрѳ·ча-ун. Стрѳ·ча-ун нѳ та-ун, ко-ѳ лѳ-дзчыны ви-д-ззезвѳ] [А йѳ-ктѳны да с'ы-вѳны, мый кѳ-расѳ сэ-с'с'а] «Троицей называли. Да, Троица после Семика. В воскресенье она бывает. После Семика Троица. Сегодня, мол, Троица, нужно на луга идти. [А на лугах что делали?] Поют да танцуют, что еще делать». (Внукова Куд.)

Таким образом, анализ вариантов названия праздника «Троица» в коми-пермяцком языке демонстрирует его языковое (диалектное) разнообразие, обусловленное различными фонетическими процессами. Различные варианты хрононима отражают не только языковые особенности и исторические контакты с русским языком, но и уникальную способность языка адаптировать заимствованные названия

На раннем этапе адаптации, согласно сохранившимся памятникам письменности, слово «Троица» было заимствовано в коми-пермяцкий язык с сохранением основных фонетических характеристик, но благодаря специфике его фонетической системы и диалектному разнообразию, мы можем наблюдать бытование большого количества вариантов хрононима «Троица». В ходе исследования их в коми-пермяцком языке было выявлено около десяти. Это явление объясняется как естественным развитием фонетической системы языка, так и влиянием внешних факторов, включая контакты с русскоговорящим населением.

4. *Лыткин В.И.* Коми-пермяцкий язык: учебник для высших учебных заведений. – Кудымкар: Коми-пермяцкое книжное издательство, 1962. – 339 с.
5. *Баталова Р.М.* Коми-пермяцкая диалектология. – Москва: Издательство «Наука», 1975. – 251 с.
6. *Лобанова А.С.* Коми-пермяцкӧй кыв. Фонетика: велӧтчӧн пособие. – Пермь: Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2020. – 130 с.
7. *Некрасова Г.А.* Историческая фонетика коми языка. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО Российской АН, 2000. – 170 с.
8. АЭМ. Пелым 2007 – Архив экспедиционных материалов ПФИЦ УрО РАН.

**FROM HOLY TRINITY TO STRECHALUN: THE ORIGIN AND FUNCTIONING
OF CHRONONYMS IN THE KOMI-PERM LANGUAGE**

Nikonov V. V. ^{1,2}

¹*Institute of Humanitarian Studies UB RAS*

²*Perm State Humanitarian Pedagogical University*

For citation:

Nikonov V. V. From Holy Trinity to Strechalun: the origin and functioning of chrononyms in the Komi-Perm language // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 1. – P. 77–81. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.1.7>

This article deals with the process of adaptation of the chrononym “Trinity” to the phonetic system of the Komi-Perm language. Various phonetic changes that occurred with the chrononym in the process of borrowing are analyzed. Particular attention is paid to identifying patterns of transformation of the original term in new linguistic conditions and discussing the reasons for these changes. As a result of the study, several variants of the phonetic design of the chrononym “Trinity” reflecting the specificity of interaction between the Russian and Komi-Perm languages are identified.

Keywords: Komi-Perm chrononyms, Komi-Perm folk calendar, chrononymy, Trinity.

Сведения об авторе

Никонов Владимир Владимирович, стажер-исследователь, Институт гуманитарных исследований УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИГИ УрО РАН»), 614900, г. Пермь, ул. Генкеля, 4; студент 3 курса филологического факультета, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет; e-mail: Vova.nikonov302@mail.ru

Материал поступил в редакцию 27.10.2024

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО



Ирина Борисовна Ившина
академик РАН, профессор, доктор биологических наук

УЧИТЕЛЬ, НАУЧНЫЙ ЛИДЕР, ХРАНИТЕЛЬНИЦА БУДУЩЕГО

К 75-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ АКАДЕМИКА РАН ИРИНЫ БОРИСОВНЫ ИВШИНОЙ

Бывают встречи в жизни, которые определяют судьбу человека на долгие годы. Для нас, сотрудников лаборатории алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ УрО РАН, такой встречей стало знакомство с Ириной Борисовной Ившиной – выдающимся ученым, профессором, академиком РАН, основателем и бессменным руководителем лаборатории алканотрофных микроорганизмов Института экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения РАН. 12 июня 2025 года Ирина Борисовна отмечает 75-летний юбилей – важная веха не только в ее жизни, но и в истории отечественной микробиологии. Первая женщина-академик на Урале, она проложила дорогу к вершинам науки, двигаясь по ней с редкостным упорством, целеустремленностью и верой в свою путеводную научную звезду.

Более полувека назад, в 1972 году, молодая выпускница-отличница Пермского университета пришла в науку с твердым намерением посвятить себя изучению микромира. Начав научный путь с должности младшего научного сотрудника, сегодня она возглавляет признанную мировым сообществом научную школу, является создателем уникальной профилированной Коллекции алканотрофных микроорганизмов – единственной в мире. Научное наследие Ирины Борисовны поистине впечатляет: более 450 научных работ, 6 монографий, несколько учебных пособий, множество глав в книгах международных и российских издательств,

более 30 свидетельств и патентов на изобретение, индекс Хирша равен 32. За этими цифрами – годы напряженного труда, непрерывного научного поиска, радость открытий и горечь временных неудач. Особого внимания заслуживают ее исследования по изучению биоразнообразия и функциональных преимуществ экстротолерантных углеводородокисляющих бактерий рода *Rhodococcus*, разработке на их основе эффективных технологий биоремедиации природной среды, загрязненной токсичными, в том числе эмерджентными, ксенобиотиками.

Многие коллеги помнят, как в далекие 90-е, когда наука переживала не лучшие времена, Ирина Борисовна смогла не только сохранить, но и приумножить научный потенциал лаборатории, вывести ее на международный уровень. Созданная ею Коллекция алканотрофов сегодня зарегистрирована во Всемирной федерации коллекций культур, входит в мировой фонд ведущих микробиологических коллекций, служит бесценным ресурсом для исследователей всего мира. Она не устает повторять, что ценность коллекционного фонда неизмерима («в наших холодильниках хранятся богатства, превышающие валютные запасы целых стран»), что Коллекция уже в ближайшем будущем определит вектор развития биоиндустрии в регионе, а в перспективе именно рациональное использование микробных ресурсов обеспечит длительное устойчивое существование человечества. Кредо коллекционной деятельности Ирины Бори-

совны можно обозначить как «хранить настоящее, думать о будущем, заглядывать в вечность».

Трудно найти область микробиологии, в которую Ирина Борисовна не внесла бы существенный вклад. От фундаментальных вопросов систематики и таксономии прокариот до прикладных аспектов биотехнологии – везде ее работы отличаются глубиной, тщательностью и новаторским подходом. За свои выдающиеся достижения она удостоена высоких государственных и общественных наград: Ордена Дружбы, медали Ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, Премии Правительства РФ в области науки и техники, престижной Строгановской премии, многочисленных грамот и благодарственных писем от Уральского отделения РАН и Пермского края.

Не менее значим ее вклад в подготовку научных кадров. Под руководством Ирины Борисовны защищено более сотни выпускных работ бакалавров, специалистов и магистрантов, 17 кандидатских и 3 докторские диссертации. Выстроенная ею образовательная цепочка – от школьников, студентов, аспирантов до молодых ученых – стала настоящей кузницей кадров для отечественной микробиологии. Сегодня практически все сотрудники нашей лаборатории и недавно отпочковавшейся от нее молодежной лаборатории механобиологии живых систем – это ее ученики, заботливо выпестованные студенты и аспиранты, соратники-единомышленники, «наша команда». Ее ученики работают не только в России, но и в ведущих мировых научных центрах, с благодарностью вспоминая своего Учителя. «В науке важно не только что ты делаешь, но и как ты это делаешь», – любит повторять Ирина Борисовна. И эти слова в полной мере отражают ее собственный подход к научной работе:

скрупулезный и системный, творческий и основательный, с полной самоотдачей. При этом она всегда находит время для своих коллег, аспирантов, студентов. Ее кабинет никогда не пустует – к ней идут за советом, поддержкой, идеями. И каждый уходит, получив не только ответы на свои вопросы, но и заряд энергии, оптимизма, веры в свои силы. Ирина Борисовна умеет видеть потенциал в людях и помогает его раскрыть. «Ты справишься», – говорит она, и почему-то сразу веришь, что действительно справишься. Эта удивительная способность вдохновлять, поддерживать, направлять делает ее не просто руководителем, но бесспорным лидером, за которым хочется идти.

Много сил Ирина Борисовна отдает научно-организационной работе: будучи вице-президентом Российского микробиологического общества, членом редколлегий научных журналов, экспертом РАН и РНФ, она вносит существенный вклад в обеспечение качества научных исследований и продвижение талантливой молодежи. В 2024 году она включена в состав рабочей группы по созданию биологических ресурсных центров при Правительстве РФ – это признание ее авторитета на государственном уровне.

Всю свою жизнь Ирина Борисовна безупречно и самозабвенно служит Отечеству и Российской науке.

В день славного юбилея мы, ее коллеги и благодарные ученики, от всей души желаем Ирине Борисовне крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, новых научных горизонтов! Пусть Ваш путь в науке продолжается еще долгие годы, освещая дорогу идущим за Вами! С юбилеем, дорогая Ирина Борисовна!

Коллектив лаборатории
алканотрофных микроорганизмов
“ИЭГМ УрО РАН”

СЕРГЕЮ ВИКТОРОВИЧУ ШИРШЕВУ – 65

28 мая исполняется 65 лет Сергею Викторовичу Ширшеву – заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору медицинских наук, профессору, заведующему лабораторией иммунорегуляции Института экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук – филиала ПФИЦ УрО РАН.

С.В. Ширшев родился в 1960 году в Перми, в семье военнослужащего.

В 1984 году он с отличием окончил Пермский государственный медицинский институт и начал трудовую деятельность на кафедре биохимии в должности старшего лаборанта, а с 1989 года – ассистента кафедры. Преподавание С.В. Ширшев успешно совмещает с научной работой: по результатам исследований он в 1989 году защищает кандидатскую диссертацию, а в 1996 году – докторскую.

В 1993 году Сергей Викторович по приглашению Роберта Алексеевича Пшенично-ва приходит на работу в Институт экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук, в лабораторию экологической генетики микроорганизмов, на должность старшего научного сотрудника. Спустя четыре года, в 1997 году, он избирается заведующим этой лабораторией и бессменно руководит ею уже почти 30 лет (в 2008 году лаборатория экологической генетики микроорганизмов была переименована в лабораторию иммунорегуляции).

Основные научные интересы С.В. Ширшева находятся на стыке иммунологии и эндокринологии и сфокусированы на изучении клеточных и молекулярных механизмов эндокринной регуляции иммунной системы в период беременности. Многолетние исследования в этой области принесли немало блестящих находок: Сергей Викторович установил реципрокность иммунорегуляторных эффектов гормонов беременности при их совместном действии и обосновал необходимость интегральной оценки этих эффектов; сформулировал гипотезу о возникновении “клеток-ренегатов” в период беременности, которая нашла подтверждение в экспериментальных исследованиях по экстратимической дифференцировке Т-клеток, проводимых в его лаборатории. Он положил начало новому направлению в биологии репродукции – антенатальной аутоэкологии, предмет и задачи которого были впервые представлены научному сообществу на IV Всероссийской конференции “Иммунология репродукции” (Пермь, 2010 г.). Последующими исследованиями С.В. Ширшева и его команды установлено активное участие в процессах репродукции экстрагонадных гормонов, таких как kisspeptin, leptin, ghrelin: регулируя дифференцировку и функционирование различных звеньев иммунной системы, эти гормоны усиливают процессы иммунной толерантности в отношении генетически чужеродного плода и способствуют физиологическому развитию беременности.

В 2000 году С.В. Ширшев с соавторами впервые обосновал метод неинвазивного введения отечественного иммуномодулятора полиоксидония у детей первого года жизни, страдающих бронхообструктивными заболеваниями. Использование данного метода привело к существенному снижению частоты рецидивов данной патологии и сокращению применения бронхо-спазмолитиков и глюкокортикоидов. А открытие им в 2009 году феномена секреции адренкортикотропного гормона лейкоцитами крови

под влиянием полиоксидония расширило показания к применению данного препарата у детей с сочетанной патологией.

Одновременно профессор С.В. Ширшев курирует проводимые в лаборатории микробиологические исследования, в частности анализ механизмов взаимодействия факторов врожденного иммунитета с условно-патогенными микроорганизмами на фоне гормональной нагрузки. Разработанный им инструментальный метод оценки фагоцитоза нейтрофилов и моноцитов (патент на изобретение РФ № 2292553 от 27.01.2007) эффективно используется в научных целях как в институте, так и на кафедре микробиологии и иммунологии биологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета.

Научная работа профессора С.В. Ширшева и его учеников многократно поддерживалась грантами РФФИ, РФФ, Программой президиума РАН “Молекулярная и клеточная биология” (более 30 грантов). Под его руководством защищено 9 кандидатских и 4 докторские диссертации. Им опубликовано более 500 научных работ, в том числе 6 монографий и 25 аналитических обзоров в ведущих отечественных журналах, 7 учебных и учебно-методических пособий.

На протяжении всего периода трудовой деятельности Ширшев С.В. плодотворно сочетает научную работу с педагогической. Им разработаны лекционные курсы по иммунологии и патофизиологии (Пермский государственный медицинский институт), по общей эндокринологии, иммунологии репродукции, энзимологии, молекулярной иммунологии, биохимии белка (Пермский государственный национальный исследовательский университет, кафедра микробиологии и иммунологии).

В настоящее время профессор С.В. Ширшев является руководителем научной темы «Исследование механизмов регуляции клеток иммунной системы и разработка методов их оценки в норме и патологии» (№ 124020500027-7) Института экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук – филиала ПФИЦ УрО РАН, он член Ученого и Диссертационного советов института.

За большой вклад в развитие отечественной науки Ширшев С.В. награжден медалью им. Пауля Эрлиха “За выдающиеся достижения в превентивной и социальной медицине” Европейской академии естественных наук (Германия, г. Ганновер, 2004 г.), медалью РАЕН им. И.И. Мечникова «За практический вклад в укрепление здоровья нации» (2004), Почетной грамотой Российской академии наук и Профсоюза работников Российской академии наук (2001 г.), Почетной грамотой Пермского государственного университета (2006), поощрен Благодарственными письмами председателя Законодательного Собрания Пермского края (2007 и 2010 гг.). В 2014 г. С.В. Ширшеву присвоено звание заслуженного деятеля науки РФ.

От всей души поздравляем Сергея Викторовича с юбилеем и желаем ему дальнейших творческих успехов и новых открытий!

Коллектив лаборатории иммунорегуляции “ИЭГМ УрО РАН”

