

ISSN 2519-2574

Ученые записки
Брянского
государственного
университета

№ 2
2026

Естественные науки

Главный редактор журнала

Зайцева Елена Владимировна – доктор биологических наук, профессор

Заместители главного редактора журнала

Харлан Алексей Леонидович – кандидат биологических наук

Лямцев Владимир Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук

Члены редакции

Е.В. Зайцева, Г.В. Лобанов, С.В. Лукашов, В.П. Лямцев, П.А. Попов, Е.Г. Родинова, Ю.А. Семенищенков, А.Л. Харлан

Редакционная коллегия

Математика и механика / Компьютерные науки и информатика

Ответственные редакторы:

Родинова Е.Г. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (*математика*).

Денисов И.А. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (*компьютерные науки и информатика*).

Члены редакционной коллегии:

Васильев А.Ф. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры алгебры и геометрии Гомельского национального университета.

Путылов С.В. – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Расулов К.М. – доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой математического анализа Смоленского государственного университета.

Сорокина М.М. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Физические науки

Ответственный редактор:

Попов П.А. – доктор физико-математических наук, профессор, кафедры экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Члены редакционной коллегии:

Будько С.Л. – кандидат физико-математических наук, профессор Университета Айовы (США, г. Айова).

Митрошенков Н.В. – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Биологические науки

Ответственные редакторы:

Семенищенков Ю.А. – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Харлан А.Л. – кандидат биологических наук, заведующий кафедрой биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Члены редакционной коллегии:

Анищенко Л.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Булохов А.Д. – доктор биологических наук, профессор, Заслуженный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Зайцева Е.В. – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Заякин В.В. – доктор биологических наук, профессор кафедры химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Зенкин А.С. – доктор биологических наук, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и ветеринарной патологии Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева.

Панасенко Н.Н. – доктор биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Пронин В.В. – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра доклинических исследований Федерального центра охраны здоровья животных.

Химические науки

Ответственный редактор:

Лукашов С.В. – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Члены редакционной коллегии:

Авдеев Я.Г. – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института физической химии и электрохимии Российской академии наук.

Кузнецов С.В. – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Шлеев С.В. – доктор химических наук, профессор университета Мальме.

Науки о Земле и окружающей среде

Ответственный редактор

Москаленко О.П. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Члены редакционной коллегии:

Долганова М.В. – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Потоцкая Т.И. – доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии и природопользования Смоленского государственного университета.

Чернов А.В. – доктор географических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова.

Шмакова М.В. – доктор географических наук, профессор Института озера-ведения Российской академии наук.

Педагогика (методика обучения естественным наукам)

Ответственный редактор:

Горбачев В.И. – доктор педагогических наук, Заслуженный учитель РФ, Почетный работник ВПО, профессор кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Члены редакционной коллегии:

Алдошина М.И. – доктор педагогических наук, профессор кафедры технологий психолого-педагогического и специального образования Орловского государственного университета.

Дробышев Ю.А. – доктор педагогических наук, профессор кафедры высшей математики и статистики Финансового университета при Правительстве РФ.

Дробышева И.В. – доктор педагогических наук, профессор, заведующая кафедрой высшей математики и статистики Финансового университета при Правительстве РФ.

Малова И.Е. – доктор педагогических наук, Почетный работник ВПО, профессор кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Симукова С.В. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-62799 от 18.08.2015
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Ответственность за фактические данные, представленные в статьях, лежит на их авторах

© РИО ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», 2026
© Коллектив авторов, 2026

ISSN 2519-2574

SCIENTIFIC NOTES
of the Bryansk State University

N 2
2026

Natural sciences

Editor-in-chief

Elena Vladimirovna Zaitseva, Sc. D. in Biological Sciences, Professor

Deputy Editor-in-chief

Alexey Leonidovich Kharlan, Ph. D. in Biological Sciences

Vladimir Petrovich Lyamtsev, Ph. D. in Agricultural Sciences

Члены редакции

Е.В. Зайцева, Г.В. Лобанов, С.В. Лукашов, В.П. Лямцев, П.А. Попов, Е.Г. Родикова, Ю.А. Семищенков, А.Л. Харлан

Editorial board

Mathematics and Mechanics / Computer sciences

Associate editors:

Rodikova E.G. – Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky (*Mathematics*).

Denisov I.A. – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky (*Computer sciences*).

Editorial board:

Vasiliev A.F. – Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Algebra and Geometry, Gomel National University.

Putilov S.V. – Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Rasulov K.M. – Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Head of the Department of Mathematical Analysis, Smolensk State University.

Sorokina M.M. – Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Physical sciences

Associate editor:

Popov P.A. – Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky.

Editorial board:

Budko S.L. – Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor of the University of Iowa (USA, Iowa).

Mitroshenkov N.V. – Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky.

Biological sciences

Associate editors:

Semenishchenkov Yu.A. – Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky.

Kharlan A.L. – Ph. D. in Biological Sciences, Head of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Editorial board:

Anishchenko L.N. – Sc. D. in Agricultural Sciences, Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Bulokhov A.D. – Sc. D. in Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Zaitseva E.V. – Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Zayakin V.V. – Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Zenkin A.S. – Sc. D. in Biological Sciences, Head of the Department of Morphology, Physiology and Veterinary Pathology, Mordovian State University named after N. P. Ogarev.

Panasenko N.N. – Sc. D. in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Pronin V.V. – Sc. D. in Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Preclinical Research of the Federal Center for Animal Health.

Chemical Sciences

Associate editor:

Lukashov S.V. – Ph. D. in Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Editorial board:

Avdeev Ya.G. – Sc. D. in Chemical Sciences, Leading Researcher at the Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Russian Academy of Sciences.

Kuznetsov S.V. – Ph. D. in Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Shleev S.V. – Sc. D. in Chemical Sciences, Professor at the University of Malmo.

Earth and Environmental Sciences

Associate editor:

Moskalenko O.P. – Ph. D. in Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Editorial board:

Dolganova M.V. – Ph. D. in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Pototskaya T.I. – Sc. D. in Geographical Sciences, Professor of the Department of Socio-Economic Geography and Environmental Management, Smolensk State University.

Chernov A.V. – Sc. D. in Geographical Sciences, Professor, Moscow State University.

Shmakova M.V. – Sc. D. in Geographical Sciences, Professor of the Institute of Lake Science, Russian Academy of Sciences.

Pedagogy

Associate editor:

Gorbachev V.I. – Sc. D. in Pedagogical Sciences, Honored Teacher of the Russian Federation, Honorary Worker of the Higher Educational Institution, Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Editorial board:

Aldoshina M.I. – Sc. D. in Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Technologies of Psychological, Pedagogical and Special Education, Oryol State University.

Drobyshev Yu.A. – Sc. D. in Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Higher Mathematics and Statistics, Financial University under the Government of the Russian Federation.

Drobysheva I.V. – Sc. D. in Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Higher Mathematics and Statistics, Financial University under the Government of the Russian Federation.

Malova I.E. – Sc. D. in Pedagogical Sciences, Honorary Worker of the Higher Educational Institution, Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Simukova S.V. – Ph. D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Щелоков А.В., Кушнерёва А.А.

- Полуэмпирическое определение коэффициента температуропроводности
монокристаллов твердого раствора $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ 7

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кабаева А.В., Иванова Т.Г.

- Влияние ВНД на когнитивные функции и работоспособность школьников..... 16

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Москаленко О.П., Кузьмин В.О.

- Экологизация прикладных географических исследований..... 22

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кобякова В.В., Заякин В.В.

- Апробация специфических праймеров для ПЦР-анализа фитоплазмы малины..... 30

Корчагин О.В., Трипачев О.В., Андреев В.Н.

- Литий-кислородный аккумулятор с двухслойным сепаратором и электролитом с
добавкой LiI..... 34

Никитенко Д.Д., Лукашов С.В.

- Расчёт метрологических параметров поверхности трибосопряжений для зондовой
микроскопии..... 37

Цветков Д.Ю., Петрова А.И., Родионов М.В., Смирнов С.К., Лакина Н.В., Долуда В.Ю.

- Исследование процессов окисления D-глюкозы и L-сорбозы на Pt-содержащих
катализаторах..... 42

Шугаева К.А., Шугаев А.В., Кузнецов С.В.

- Определение моно- и дисахаридов методом ВЭЖХ с УФ детектированием..... 46

ПЕДАГОГИКА

Савченко И.С., Родикова Е.Г.

- Реализация проблемного обучения при изучении свойств числовой
последовательности в 9 классе..... 50

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ
ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОННОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ
«УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»
(«УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ БГУ»)

58

CONTENT**PHYSICS***Shchelokov A.V., Kushnereva A.A.*Semi-empirical determination of the thermal diffusivity of single crystals of the solid solution $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ 7**BIOLOGY***Kabaeva A.V., Ivanova T.G.*

The influence of higher nervous activity on cognitive functions and working capacity of schoolchildren 16

EARTH SCIENCES*Moskalenko O.P., Kuzmin V.O.*

Ecologization of applied geographical researches 22

CHEMISTRY*Kobyakova V.V., Zayakin V.V.*

Approbation of specific primers for PCR-analysis of raspberry phytoplasma 30

Korchagin O.V., Tripachev O.V., Andreev V.N.

Lithium-oxygen battery with double layer separator and electrolyte with LiI additive 34

Nikitenko D.D., Lukashov S.V.

Calculation of metrological parameters of tribosouple surfaces for sensor microscopy 37

Tsvetkov D.Yu., Petrova A.I., Rodionov M.V., Smirnov S.K., Lakina N.V., Doluda V.Yu.

Investigation of D-glucose and L-sorbose oxidation processes on Pt-containing catalysts 42

Shugaeva K.A., Shugayev A.V., Kuznetsov S.V.

Determination of mono- and disaccharides by HPLC with UV detection 46

PEDAGOGY*Savchenko I.S., Rodikova E.G.*

Implementation of problem-based learning in studying the properties of number sequences in the 9th grade 50

**REQUIREMENTS TO THE CONTENTS AND PAPERS OFFERED FOR PUBLICATION
IN PEER-REVIEWED ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNALS «SCIENTIFIC NOTES
OF BRYANSK STATE UNIVERSITY» («SCIENTIFIC NOTES OF BSU»)**..... 58

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 536.2.023+546.161+544.228

**ПОЛУЭМПИРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ
ТВЕРДОГО РАСТВОРА $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$** **А.В. Щелоков, А.А. Кушнерёва**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

На основе экспериментальных данных по теплопроводности определены значения коэффициента температуропроводности монокристаллов твердого раствора $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ в интервале температур 50 – 300 К. Для расчетов использовались экспериментальные данные по теплоемкости кристаллов BaF_2 и LaF_3 и интерполяционные приближения по комплексу характеристик, связанных с теплоемкостью.

Ключевые слова: твердый раствор, дифторид бария, трифторид лантана, монокристаллы, теплопроводность, температуропроводность, температурная зависимость, концентрационная зависимость.

Введение

Кристаллы гетеровалентных твердых растворов $Me_{1-x}R_xF_{2+x}$ ($Me = Ca, Sr, Ba, Cd, Pb, R$ – редкоземельные элементы) находят широкое применение в оптоэлектронике и фотонике, в том числе в виде материалов активных лазерных элементов [1]. Поэтому важно знание их характеристик, связанных со способностью отвода энергии накачки, снижением эффекта тепловой линзы, обеспечением достаточной инверсной заселенности электронных уровней. К таким характеристикам относятся коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Их высокие значения являются желательными для лазерных материалов и необходимыми в случае высокой выходной мощности лазерного устройства.

Как известно [2, 3], внесение в кристаллическую матрицу MeF_2 с флюоритовой структурой трехвалентных ионов редкоземельных элементов сопровождается образованием крупных кластеров дефектов и проявлением значительного фонон-дефектного рассеяния. Следствием является кардинальное снижение теплопроводности. Этот эффект не поддается априорным оценкам. Поэтому надежными являются сведения, полученные экспериментальным путем или непосредственно базирующиеся на экспериментальных данных, при минимальной роли спорных допущений.

Коэффициент температуропроводности a_t связан с коэффициентом теплопроводности k через теплоемкость единицы объема C : $a_t = k/C$. Величина a_t определяет скорость протекания тепловых процессов в среде.

Целью данной работы является полуэмпирическое определение значений коэффициента температуропроводности кристаллов твердого раствора $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ в диапазоне концентраций $0 \leq x \leq 0.30$ и в широком температурном интервале 50 – 300 К.

Расчеты связанных характеристик

Для расчетов температуропроводности кристаллов твердого раствора $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ возьмем данные по температурной зависимости теплопроводности таких кристаллов [4] и молярной теплоемкости матриц BaF_2 [5] и LaF_3 [6, 7].

Оценим возможность применения закона Неймана-Коппа [8] для определения теплоемкости кристаллов $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$. Превосходство молярной теплоемкости кристалла LaF_3 над теплоемкостью BaF_2 (см. рис. 1), очевидно, связано с различием количества атомов в соединении. Кривая $C_M(T)$ твердого раствора $Ba_{0.70}La_{0.30}F_{3.30}$ закономерно занимает на рисунке промежуточное положение.

При переходе к теплоемкости в расчете на один атом соотношение меняется на противоположное (рис. 2). Меньшую теплоемкость LaF_3 можно объяснить его значительно более высокой температурой плавления. Последняя, в соответствии с теорией Линдемана [9], связана с характеристической температурой, в области которой верхняя граница теплоемкости составляет $3R = 25 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$. Визуальная симбатность двух кривых маскирует тот факт, что различие теплоемкостей, составляющее около 7% при комнатной температуре, растет до $\approx 3/2$ при понижении температуры до 50 К.

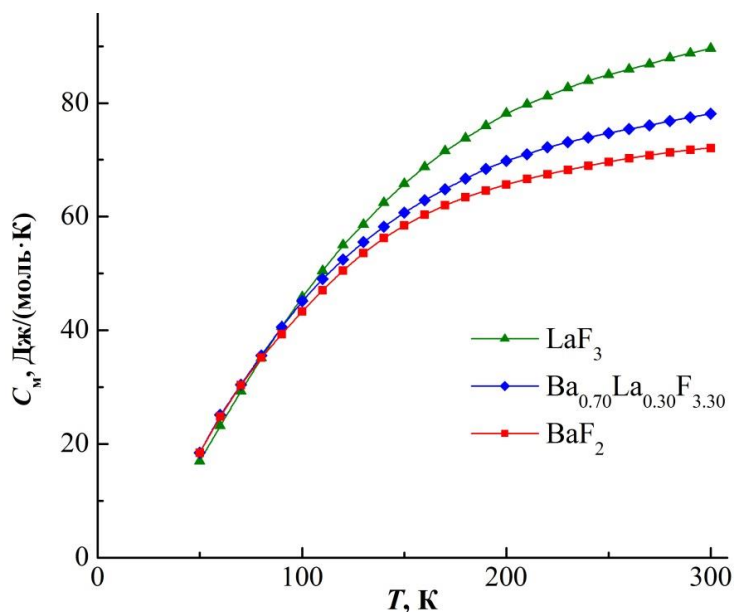


Рис. 1. Температурные зависимости молярной теплоемкости кристаллов BaF_2 [5], LaF_3 [6, 7] и $\text{Ba}_{0.70}\text{La}_{0.30}\text{F}_{3.30}$ [10]

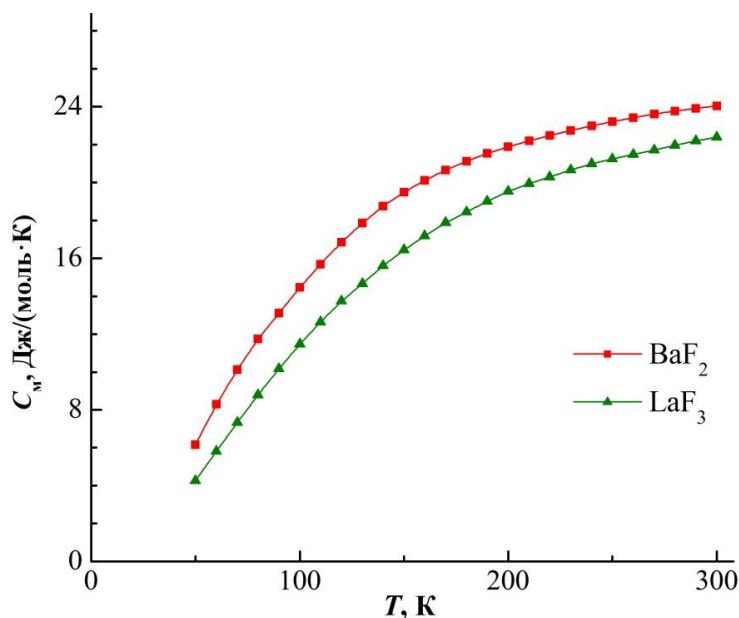


Рис. 2. Температурная зависимость теплоемкости кристаллов BaF_2 и LaF_3 в расчете на один атом

Отметим, что отличие экспериментально определенной, в интервале температур от субазотной до комнатной, теплоемкости высококонцентрированного твердого раствора

$\text{Ba}_{0.70}\text{La}_{0.30}\text{F}_{3.30}$ [10] от рассчитанной в соответствии с законом Неймана-Коппа находится в узких рамках $\pm 1\%$. Это обстоятельство, предположительно, объясняется близостью масс ионов бария (137.33 а.е.м.) и замещающих ионов лантана (138.905 а.е.м.). Оно позволяет достаточно уверенно использовать данный закон для расчета молярной теплоемкости различных составов $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ ($0 < x < 0.30$). Расчет будем производить в соответствии с выражением

$$C_m(x) = (C_{\text{BaF}_2} \cdot (1-x) + C_{\text{LaF}_3} \cdot x) (3+x), \quad (1)$$

где C_{BaF_2} и C_{LaF_3} – теплоемкости в расчете на атом. Результаты расчета зависимости $C_m(x)$ для разных температур (или температурной зависимости C_m для разных концентраций раствора) представлены графически на рис. 3. В качестве значений концентрации x здесь и далее приняты величины, равные содержанию La в исследованных на теплопроводность в [4] образцах $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$.

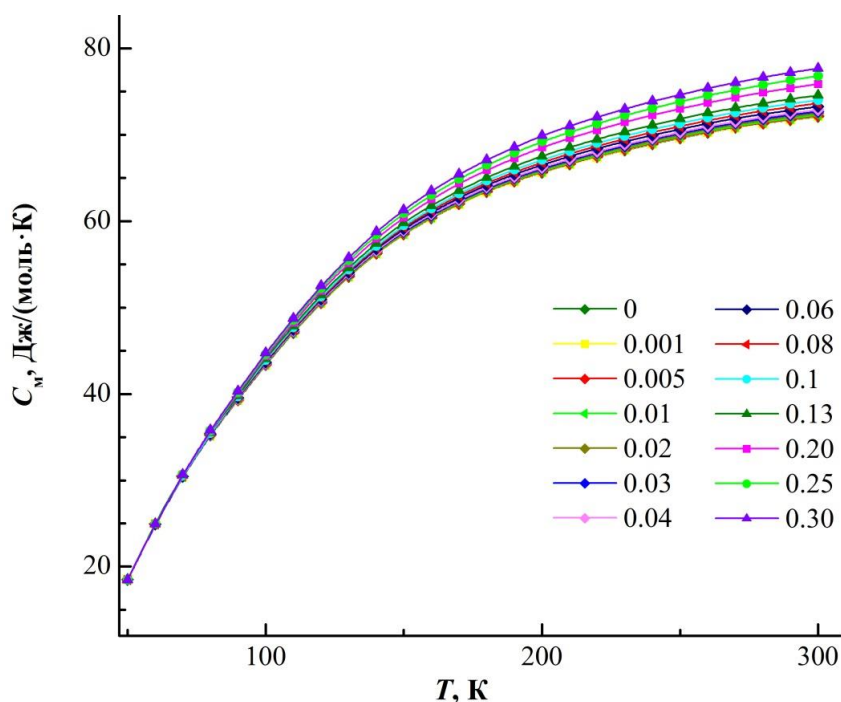


Рис. 3. Температурная зависимость молярной теплоемкости кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$

Для перевода теплоемкости молярной в соответствующую величину в расчете на единицу объема необходимо знать плотность и молярную массу твердого раствора: $C = C_m \cdot \rho / M$. Как показано в [11], параметр решетки в случае $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ линейно зависит от содержания второго компонента раствора:

$$a(x) = 6.200 - 0.3033 \cdot x. \quad (2)$$

Здесь a в ангстремах, x в ф.е. Практически такое же соотношение получено в [12]. Зависимость объема $V = a^3$ элементарной кристаллической ячейки от концентрации твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ представлена на рис. 4. Сравнительно малыми температурными изменениями V для дальнейших оценочных расчетов пренебрежем.

Для определения молярной массы M различных составов $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ используем соотношение

$$M(x) = 137.33 \cdot (1-x) + 138.905 \cdot x + 18.998 \cdot (2+x). \quad (3)$$

При условии близости масс Ba и La основной прирост молярной массы раствора происходит, очевидно, за счет увеличения количества ионов фтора. Получаем, что величина $M(x)$ линейно растет с увеличением содержания лантана (рис. 4).

Уменьшение объема элементарной ячейки вместе с увеличением массы вызывает значительный рост плотности $\rho(x)$ кристаллов (рис. 4). Видно, что выявленная зависимость $\rho(x)$ слабо отличается от линейной.

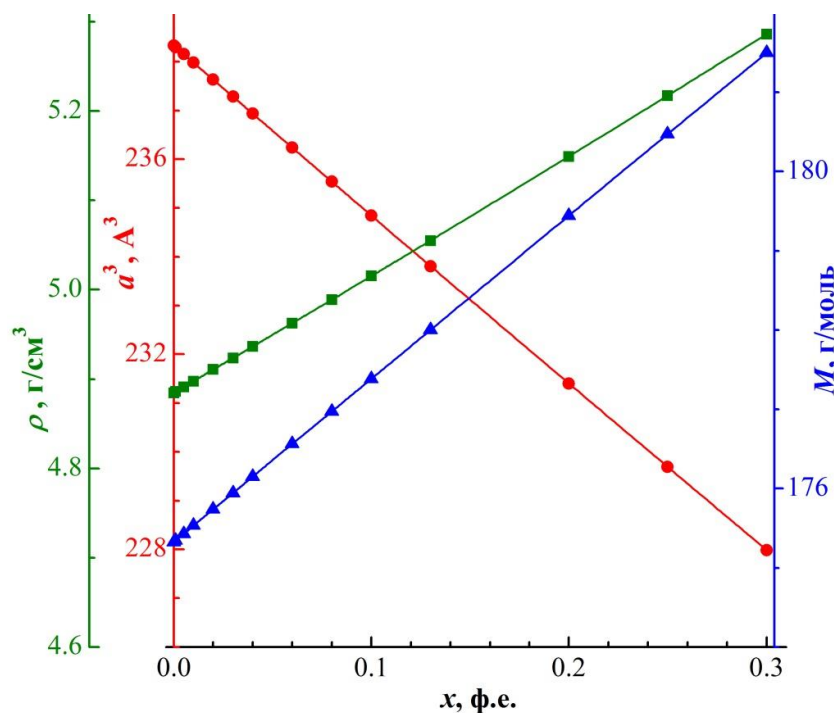


Рис. 4. Концентрационная зависимость объема элементарной ячейки, молярной массы и плотности кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$

Результаты приведенных интерполяций дают возможность рассчитать температурную зависимость теплоемкости единицы объема твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ для разных концентраций (рис. 5).

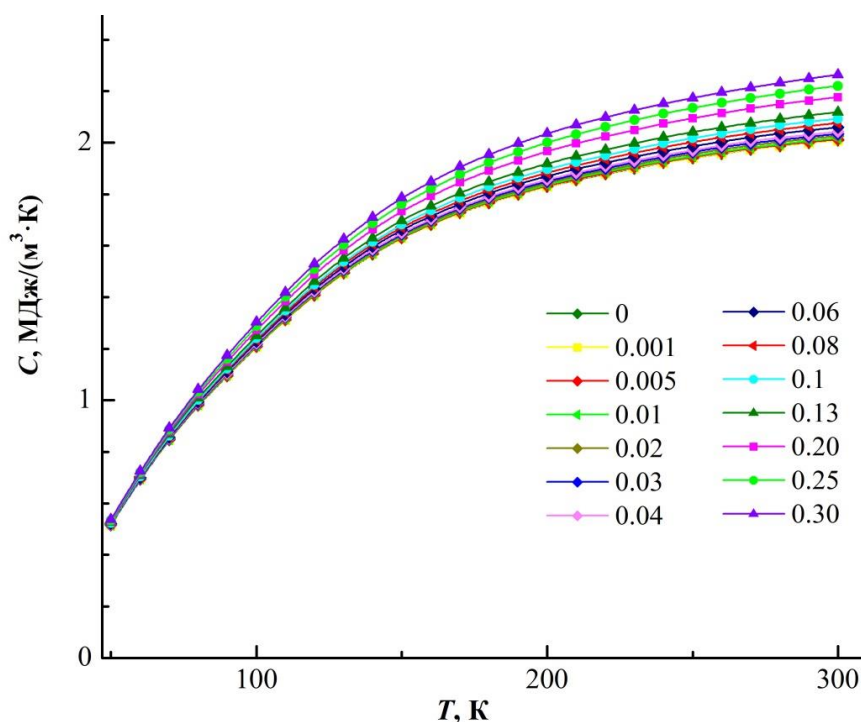


Рис. 5. Температурная зависимость теплоемкости единицы объема кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$

Изотерма $C(x)$, приведенная на рис. 6, демонстрирует значительный монотонный рост, по характеру также близкий к линейному.

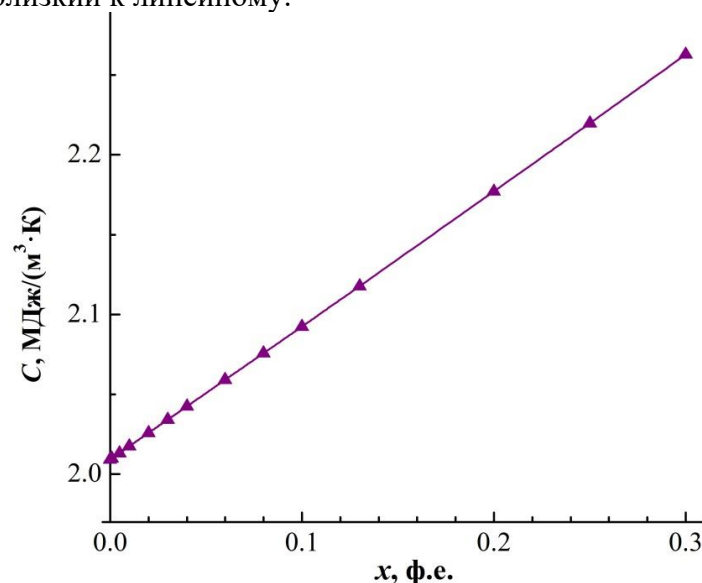


Рис. 6. Концентрационная зависимость теплоемкости единицы объема кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$

Результаты расчета температуропроводности

На рис. 7 представлены кривые температурной зависимости рассчитанного коэффициента температуропроводности $a_t(T)$ для кристаллов $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ с разными концентрациями. Во всех случаях наблюдается монотонное снижение величины a_t с ростом температуры, для слабо концентрированных составов в пределах двух порядков, для больших концентраций – одного.

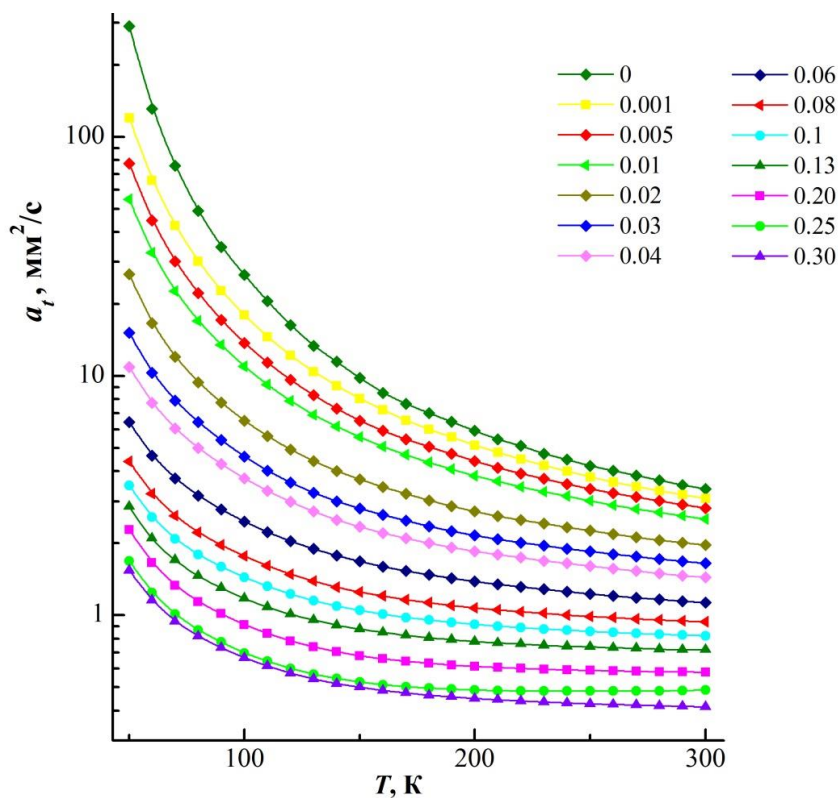


Рис. 7. Температурные зависимости коэффициента температуропроводности кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$

Это хорошо видно на рис. 8, где для двух крайних температур $T = 50$ К и $T = 300$ К приведены зависимости коэффициента a_t от состава твердого раствора. Точки $a_t(x)$ практически не отклоняются от аппроксимирующих кривых. Простых функциональных зависимостей для таких кривых с очевидным физическим смыслом подобрать не удалось. Это связано со сложным характером кластерообразования в подобных твердых растворах с гетеровалентным типом ионного замещения.

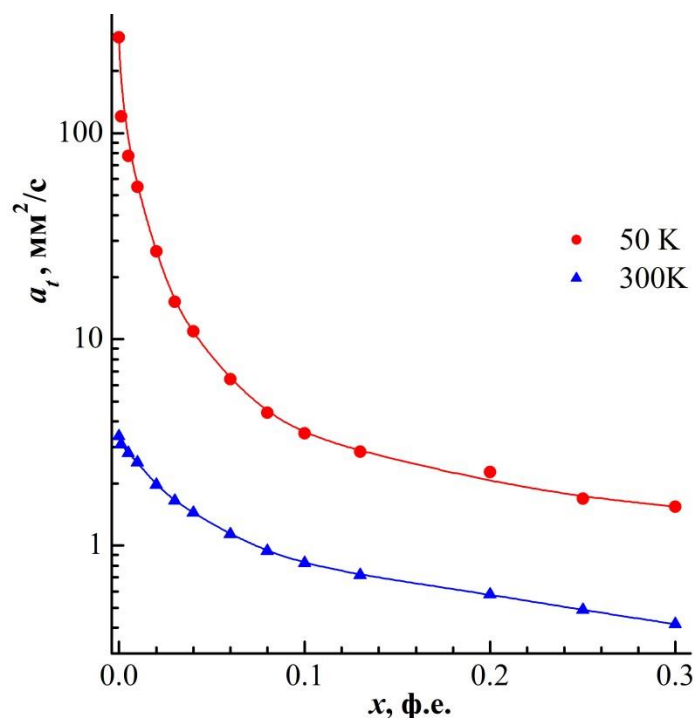


Рис. 8. Концентрационная зависимость коэффициента температуропроводности кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$

Отметим, что монотонное и быстрое снижение кривых $a_t(x)$ наблюдается вплоть до самых больших исследованных концентраций. Для интервала $0.13 \leq x \leq 0.30$ при комнатной температуре зависимость близка к линейной $a_t(x) = 0.9435 - 1.79x$, если x – в ф.е., и $a_t(x) = 0.9435 - 0.0179x$, если x – в мол.%, (a_t в обоих случаях – в $\text{мм}^2/\text{с}$). Для $T = 50$ К соответствующая зависимость более крутая: $a_t(x) = 4.9165 - 10.63x$ (x в ф.е.) и $a_t(x) = 4.9165 - 0.1063x$ (x в мол. %).

Коэффициент температуропроводности связан с фоновыми характеристиками среды: $a_t = vl/3$ (v – средняя скорость распространения фононов (звука), l – средняя длина их свободного пробега). Скорость звука от температуры зависит слабо. Поэтому температурный ход $a_t(T)$ с точностью до практически постоянного множителя совпадает с таковым для $l(T)$. Можно сделать вывод, что повышение концентрации твердого раствора от порога перколяции кластеров дефектов (для состава $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ он составляет $x = 0.05 - 0.10$) до высоких значений ($x = 0.30$) средняя длина свободного пробега фононов продолжает снижаться без видимых признаков остановки. Это позволяет предполагать дальнейшее снижение $l(x)$ до максимальной возможной концентрации с устойчивым состоянием твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$, составляющей около 50 мол. % ($x = 0.5$) [12], а также экстраполировать в эту область величину $a_t(x)$.

Заключение

Таким образом, обоснованные интерполяционные приближения по комплексу физических характеристик кристаллов твердого раствора $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ позволили определить значения их коэффициента температуропроводности в широком температурном интервале.

Полученные данные можно считать надежными и достаточно точными для практических применений.

В дальнейшем планируется исследование возможности трансформации расчетной кластерной модели, апробированной в [4] для температурной зависимости коэффициента теплопроводности монокристаллов твердого раствора $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$, для другого коэффициента – температуропроводности. Будут также выбраны другие исследованные в БГУ на теплопроводность гетеровалентные твердые растворы типа $Me_{1-x}R_xF_{2+x}$ для проведения подобных расчетов.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры экспериментальной и теоретической физики Попова П.А.

Список литературы

1. Kaminskii A.A. Laser Crystals, Their Physics and Properties. Springer Series in Optical Sciences, Berlin: Springer. 1990. – V. 14. – <https://doi.org/10.1007/978-3-540-70749-3>.
2. Федоров П.П., Попов П.А. Принцип эквивалентности источников беспорядка и теплопроводность твердых тел // Наносистемы: физика, химия, математика. – 2013. – Т. 4, № 1. – С. 148-159.
3. Попов П.А., Федоров П.П. Теплопроводность фторидных оптических материалов. – Брянск: Группа компаний «Десяточка», 2012. – 210 с.
4. Попов П.А., Щелоков А.В., Митрошенков Н.В., Кушнерёва А.А., Конюшкин В.А., Накладов А.Н., Кузнецов С.В. Полуэмпирическое описание закономерности изменения теплопроводности монокристаллов на примере концентрационной серии твердых растворов $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2026. – Т. 28, № 1. – С. 92-102. <https://doi.org/10.17308/kcmf.2026.28/13561>.
5. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. И.К. Кикоина. Атомиздат, М. (1976). – 1008 с. (ссылка на: Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Geophysik, Astronomie, Technik. Aufl.6. Bd 2. Teil 4. Springer-Verlag, Berlin, 1961).
6. Попов П.А., Моисеев Н.В., Филимонова А.В., Федоров П.П., Конюшкин В.А., Басиев Т.Т., Осико В.В., Смирнов А.Н., Миронов И.А. Теплопроводность монокристаллических и керамических образцов на основе LaF_3 // Неорган. материалы. – 2012. – Т. 48, № 3. – С. 361-366.
7. Lyon W.G., Osborn D.W., Flotow H.E., Grandjean F. Thermodynamics of the lanthanide trifluorides. I. The heat capacity of LaF_3 from 5 to 350 K and enthalpies from 298 to 1477 K. // J. Chem. Phys. – 1978. – V. 68. – P. 167-173.
8. Kopp H. Investigations of the Specific Heat of Solid Bodies // Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series A 155. – 1865. – V. 13. – P. 71-202.
9. Von F.A. Lindemann. Ober die Berechnung molekularer Eigenfrequenzen // Physikalische Zeitschrift. – 1910. – V. 11, № 14. – P. 609-612.
10. Моисеев Н.В., Попов П.А., Рейтеров В.М., Федоров П.П. Теплоемкость и термодинамические функции гетеровалентного твердого раствора $Ba_{0.70}La_{0.30}F_{3.30}$ // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2010. – Т. 12, № 3. – С. 243-246.
11. Sobolev B.P., Tkachenko N.L. Phase diagrams of $BaF_2-(Y, Ln)F_3$ systems // Journal of the Less Common Metals. – 1982. – №85. – 155-170. [https://doi.org/10.1016/0022-5088\(82\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0022-5088(82)90067-4).
12. Александров А.А. Синтез фторидов ЦЗЭ и РЗЭ кристаллизацией из растворов в расплаве нитрата натрия и исследование их физико-химических свойств: дисс. ... к.х.н. – М., 2025. – 179 с.

Сведения об авторах

Щелоков Александр Владимирович – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: alexandershchelokov@mail.ru.

Кушнерёва Алена Андреевна – магистрант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: alenazen01@mail.ru.

SEMI-EMPIRICAL DETERMINATION OF THE THERMAL DIFFUSIVITY OF SINGLE CRYSTALS OF THE SOLID SOLUTION $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$

A.V. Shchelokov, A.A. Kushnereva

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

Based on experimental data on thermal conductivity, the values of the thermal diffusivity coefficient of single crystals of the $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ solid solution were determined in the temperature range of 50 – 300 K. Experimental data on the heat capacity of BaF_2 and LaF_3 crystals and interpolation approximations for a set of characteristics related to heat capacity were used for the calculations.

Keywords: *solid solution, barium difluoride, lanthanum trifluoride, single crystals, thermal conductivity, thermal diffusivity, temperature dependence, concentration dependence.*

References

1. Kaminskii A. A. Laser Crystals, Their Physics and Properties. Springer Series in Optical Sciences, Berlin: Springer. – 1990. – V. 14. – <https://doi.org/10.1007/978-3-540-70749-3>.
2. Fedorov P.P., Popov P.A. Principle of equivalency of the disorder sources and heat conductivity of solids. Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. – 2013. – V. 4, № 1. – P. 148-159.
3. Popov P.A., Fedorov P.P. Thermal conductivity of fluoride optical materials. – Bryansk: Desyatochka Group of Companies, 2012. – 210 p.
4. Popov P.A., Shchelokov A.V., Mitroshenkov N.V., Kushnereva A.A., Konyushkin V.A., Nakladov A.N., Fedorov P.P., Kuznetsov S.V. Semi-empirical description of the regularity of change in thermal conductivity of single crystals based on the example of a concentration series of $Ba_{1-x}La_xF_{2+x}$ solid solutions // Condensed Matter and Interphases. – 2026. – V. 28, № 1. – P. 92-102 <https://doi.org/10.17308/kcmf.2026.28/13561>.
5. Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Geophysik, Astronomie, Technik. Aufl.6. Bd 2. Teil 4. Springer-Verlag, Berlin, 1961).
6. Popov P.A., Moiseev N.V., Filimonova A.V., Fedorov P.P., Konyushkin V.A., Osiko V.V., Papashvili A.G., Smirnov A.N., Mironov I.A. Thermal conductivity of LaF_3 -based single crystals and ceramics // Inorganic Materials. – 2012. – V. 48, № 3. – P. 304-308.
7. Lyon W.G., Osborn D.W., Flotow H.E., Grandjean F. Thermodynamics of the lanthanide trifluorides. I. The heat capacity of LaF_3 from 5 to 350 K and enthalpies from 298 to 1477 K // J. Chem. Phys. – 1978. – V.68. – P. 167-173.
8. Kopp H. Investigations of the Specific Heat of Solid Bodies // Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series A 155. – 1865. – V. 13. – P. 71-202.
9. Von F. A. Lindemann. Ober die Berechnung molekularer Eigenfrequenzen // Physikalische Zeitschrift. – 1910. – V. 11, № 14. – P. 609-612.
10. Moiseev N.V., Popov P.A., Reiterov V.M., Fedorov P.P. Heat Capacity and Thermodynamic Functions of the Heterovalent Solid Solution $Ba_{0.70}La_{0.30}F_{3.30}$ // Condensed Matter and Interphases. – 2010. – V. 12, № 3. – P. 243-246. <https://journals.vsu.ru/kcmf/article/view/1121>.
11. Sobolev B. P., Tkachenko N. L. Phase diagrams of $BaF_2-(Y, Ln)F_3$ systems // Journal of the Less Common Metals. – 1982. – №85. – P. 155-170. [https://doi.org/10.1016/0022-5088\(82\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0022-5088(82)90067-4).
12. Aleksandrov A.A. Synthesis of alkaline earth and rare earth fluorides by crystallization from solutions in sodium nitrate melt and study of their physicochemical properties: dissertation of a candidate of chemical sciences. – Moscow. 2025. – 179 p.

About authors

Shchelokov A.V. – postgraduate student of the Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *alexandershchelokov@mail.ru*.

Kushnereva A.A. – master's student of the Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *alenazen01@mail.ru*.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 159.923.2:922.7

ВЛИЯНИЕ ВНД НА КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ**А.В. Кабаева, Т.Г. Иванова**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В статье представлены результаты комплексного исследования влияния типологических особенностей высшей нервной деятельности (ВНД) на уровень развития когнитивных функций и умственной работоспособности школьников 12-15 лет. Установлено, что различные типы ВНД обуславливают специфические особенности памяти, внимания, мышления и динамики работоспособности. Показано, что учащиеся с сильным уравновешенным подвижным типом (живым) характеризуются более высокими показателями когнитивного развития и устойчивости к умственным нагрузкам, тогда как представители слабого и инертного типов демонстрируют более низкий уровень когнитивных функций и повышенную утомляемость. Полученные данные могут быть использованы для индивидуализации образовательного процесса.

Ключевые слова: *высшая нервная деятельность, когнитивные функции, школьники, память, внимание, мышление, работоспособность, тип ВНД, подростковый возраст.*

Введение. Когнитивные функции представляют собой фундаментальную основу познавательной деятельности человека, обеспечивая процессы восприятия, переработки, хранения и воспроизведения информации. Их уровень развития определяет успешность обучения и адаптации личности.

В подростковом возрасте происходят значительные морфофункциональные и нейроэндокринные изменения, оказывающие влияние на динамику высшей нервной деятельности. Несмотря на наличие значительного количества исследований, проблема взаимосвязи типов ВНД с когнитивными функциями и работоспособностью школьников остается недостаточно изученной.

Цель исследования – выявить влияние особенностей когнитивных функций и умственной работоспособности школьников 12-15 лет в зависимости от типа высшей нервной деятельности.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось на протяжении 2024-2026 годов на базе МБОУ «Центр образования «Перспектива» города Брянска. В качестве испытуемых выступили учащиеся подросткового возраста, чей возрастной диапазон составил от 12 до 15 лет включительно. Общая численность выборки была определена в 80 человек, из которых 40 девочек и 40 мальчиков, по 10 представителей каждого возраста.

Для достижения цели использовались следующие методики: определение типа ВНД по опроснику Айзенка (по предлагаемой методике: живой – сильный, уравновешенный, подвижный тип ВНД, представляет собой сангвинический тип темперамента; безудержный – сильный, неуравновешенный, подвижный, соответствует холерическому темпераменту; сильный, уравновешенный, инертный является флегматическим типом; слабый, неуравновешенный, легко тормозной – меланхолический тип ВНД); диагностика когнитивных функций (память, внимание, мышление, восприятие делились на три уровня развития); оценка умственной работоспособности в зависимости от типа ВНД по методике Крепелина при решении математических задач. Оценка результатов проводится по двум параметрам: скорости выполнения задания (количество произведенных операций за фиксированные интервалы времени) и количеству допущенных ошибок как за отдельные промежутки, так и за весь эксперимент в целом.

Завершающий этап исследования включал в себя комплексную количественную и качественную обработку всего массива полученных эмпирических данных с применением методов математической статистики. Проводился сравнительный анализ показателей в зависимости от пола, возраста и выявленного типа ВНД.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования было установлено, что среди подростков преобладают живой и безудержный типы ВНД, при этом инертный тип встречается реже.

Результаты распределения типов ВНД по полу показывают, что у девочек-подростков преобладает безудержный тип (37,5%), у мальчиков-подростков преобладает живой тип (30%). В обследованной группе выявлено равное представительство по полу тормозного типа (25-27,5 %). Инертный тип ВНД чаще встречался среди мальчиков подростков – 17,5%, по сравнению с группой девочек – 10%.

При анализе распределения типов ВНД по возрастам сохраняется общая тенденция. Среди школьников 12 и 14 лет преобладает безудержный тип. У учеников 13 лет в равной мере преобладают живой и безудержный тип. У 15-летних подростков преобладает живой тип. Во всех возрастных группах меньше всего инертного типа.

В группе каждого типа ВНД школьников 12-15 лет определялись параметры когнитивных способностей. По указанным методикам оценивалась зрительная и слуховая память, внимание, мышление и восприятие. Каждый из представленных способностей делились на низкий, средний и высокий уровень в процентах.

Анализ зрительной памяти показал, что у школьников с живым типом преобладает средний уровень (39,13%); у безудержного, инертного и тормозного типов доминирует низкий уровень (до 45,46%). Меньше всего подростков с высоким уровнем отмечается у инертного (18,18%) и тормозного (19,05%) типов. Таким образом, сильный уравновешенный тип ВНД обеспечивает более гармоничное развитие мнемических процессов (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение уровня зрительной памяти в зависимости от типов ВНД

Тип ВНД	Низкий		Средний		Высокий	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
живой	7	30,44	9	39,13	7	30,44
безудержный	11	44	8	32	6	24
инертный	5	45,46	4	36,36	2	18,18
тормозный	9	42,86	8	38,1	4	19,05

Анализ слуховой памяти показывает иную закономерность распределения уровней по типам ВНД. Средний уровень преобладает у живого и тормозного типов ВНД и составляет 43,48% и 52,38%, соответственно. У инертного уровня преобладает низкий уровень слуховой памяти и составляет 63,64%. У безудержного уровня преобладает высокий уровень, который выявлен у 56% школьников (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение уровня слуховой памяти в зависимости от типов ВНД

Тип ВНД	Низкий		Средний		Высокий	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
живой	6	26,09	10	43,48	7	30,44
безудержный	4	16	6	24	14	56
инертный	7	63,64	3	27,27	1	9,09
тормозный	4	19,05	11	52,38	6	28,57

Результаты анализа данных показывают, что наиболее высокие показатели характерны для живого типа, сниженные показатели – для инертного и тормозного типов (табл. 3). Это связано с различиями в подвижности и уравновешенности нервных процессов.

Таблица 3

Соотношение уровня внимания в зависимости от типов ВНД

Тип ВНД	Низкий		Средний		Высокий	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
живой	14	60,87	6	26,09	3	13,04
безудержный	11	44	10	40	4	16
инертный	2	18,18	3	27,27	6	54,55
тормозный	5	23,81	14	66,67	2	9,52

Низкий уровень объема и скорости внимания характерен для инертного и тормозного типа ВНД, который встречается в 72,73% и 71,43% школьников, соответственно. Для живого типа выявлено равномерное распределение подростков по уровням. У школьников безудержного и живого типов преобладающим является высокий уровень (табл.4).

Таблица 4

Процентное соотношение уровня объема и скорости восприятия в зависимости от типов ВНД

Тип ВНД	Низкий		Средний		Высокий	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
живой	6	26,09	8	34,78	9	39,13
безудержный	5	20	9	36	11	44
инертный	8	72,73	2	18,18	1	9,09
тормозный	15	71,43	4	19,05	2	9,52

Таким образом, результаты исследования показывают следующие закономерности развития когнитивных функций для каждого из типов ВНД.

Для школьников с живым типом ВНД характерен высокий уровень объема и скорости восприятия. Они отличаются средним уровнем зрительной и слуховой памяти и вербально-логического мышления. У данных исследуемых подростков низкий уровень внимания.

У подростков с безудержным типом ВНД отмечается низкий уровень зрительной памяти и внимания. Данные школьники обладают средним уровнем логического мышления и высоким уровнем слуховой памяти и объема и скорости восприятия.

Подросткам инертного типа характерны низкий уровень зрительной и слуховой памяти, а также объема и скорости мышления. У них отмечается средний уровень вербально-логического мышления и высокий уровень внимания.

Тормозной тип ВНД низким уровнем зрительной памяти, вербально-логического мышления, и объема и скорости восприятия. У исследуемых школьников с данным темпераментом отмечается средний уровень слуховой памяти и внимания. Преобладание высокого уровня развития когнитивных функций не отмечено.

Анализ данных оценки умственной работоспособности по методике Крепелина при решении математических задач показывает, что для разных типов ВНД характерны разные уровни умственной работоспособности (табл. 5). У представителей живого типа наибольшее количество школьников с уровнем работоспособности выше среднего, что составляет 39,13%. У безудержного типа большинство учеников имеет высокий уровень работоспособности, и одинаковое количество с средним и выше среднего. Самой высокой работоспособностью отличаются школьники с инертным типом, на долю которых

приходится 63,64%. Самая низкая работоспособность была отмечена у школьников тормозного типа, низкий уровень которой был установлен у 52,38% подростков.

Таблица 5

Распределение уровней умственной работоспособности школьников
в зависимости от типа ВНД

Тип ВНД	Низкая		Средняя		Выше средней		Высокая	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
живой	4	17,39	5	21,74	9	39,13	5	21,74
безудержный	3	12	7	28	7	28	8	32
инертный	1	9,09	1	9,09	2	18,18	7	63,64
тормозный	11	52,38	6	28,57	3	14,29	1	4,762

Анализ исследования утомляемости в зависимости от типа ВНД показывает, что высокий уровень отмечается у школьников живого и безудержного типа, на долю которых приходится 65,22% и 64%, соответственно. Самая низкая утомляемость отмечена у школьников инертного и тормозного типа.

Таким образом, результаты исследования показывают, что для живого типа характерна работоспособность выше среднего и высокий уровень утомляемости. Для безудержного типа характерно высокой работоспособностью и высокой утомляемостью. Школьники инертного типа отличаются высокой работоспособностью и низкой утомляемостью. Для тормозного типа характерны низкие уровни работоспособности и утомляемости.

Выводы:

- 1) Тип высшей нервной деятельности оказывает существенное влияние на уровень развития когнитивных функций школьников.
- 2) Наиболее благоприятные показатели характерны для живого типа ВНД. Они отличаются высоким уровнем объема и скорости восприятия, средним уровнем зрительной и слуховой памяти и вербально-логического мышления.
- 3) У подростков с безудержным типом ВНД отмечается низкий уровень зрительной памяти и внимания. Данные школьники обладают средним уровнем логического мышления и высоким уровнем слуховой памяти и объема и скорости восприятия.
- 4) Учащиеся с инертным и тормозным типами демонстрируют более низкие когнитивные показатели.
- 5) Умственная работоспособность и утомляемость напрямую связана с типологическими особенностями нервной системы.
- 6) Индивидуализация образовательного процесса с учетом типа ВНД способствует повышению эффективности обучения.

Список литературы

1. Айзман Р.И., Лысова Н.Ф. Возрастная физиология и психофизиология: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2024. – 352 с.
2. Дружинин, В.Н. Когнитивные способности: структура, диагностика, развитие. – М.: ПерСе, 2001. – 223 с.
3. Ковалев А.Г., Мясичев В.Н. Психологические особенности человека // Т.П. Способности. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1960. – 186 с.
4. Леонтьева Н.Н., Маринова К.В., Каплун Э.Г. Анатомия и физиология детского организма. – М.: Просвещение, 1976. – 167 с.
5. Медведева И.А., Памфилова С.А. Изучение связи когнитивного стиля подростков с характеристиками их личности // Фундаментальные аспекты психического здоровья. – 2018. – № 3. – С. 37-39.

6. Озеров В.П., Соловьева О.В. Диагностика и формирование познавательных способностей учащихся: уч. пособие. – Ставрополь: Ставрополь-сервисшкола, 1999. – 112 с.

7. Сорокоумова Е.А., Попова В.К. Развитие когнитивной сферы современных младших школьников в учебной деятельности // Коллекция гуманитарных исследований. – 2019. – № 2. – С. 6-10.

Сведения об авторах

Кабаева Алина Витальевна – магистрант кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: alinamillls@gmail.com.

Иванова Татьяна Геннадьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: itg-3101@mail.ru.

THE INFLUENCE OF HIGHER NERVOUS ACTIVITY ON COGNITIVE FUNCTIONS AND WORKING CAPACITY OF SCHOOLCHILDREN

A.V. Kabaeva, T.G. Ivanova

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

The article presents the results of a comprehensive study of the influence of typological features of higher nervous activity (HNA) on the level of development of cognitive functions and mental working capacity of schoolchildren aged 12-15. It has been established that different types of higher nervous activity determine specific features of memory, attention, thinking, and the dynamics of work performance. It has been shown that students with a strong, balanced, and mobile type (the lively type) have higher levels of cognitive development and resistance to mental stress, while those with a weak and inert type have lower levels of cognitive functions and increased fatigue. These findings can be used to individualize the educational process.

Keywords: *higher nervous activity, cognitive functions, schoolchildren, memory, attention, thinking, performance, type of higher nervous activity, adolescence.*

References

1. Aizman R.I., Lysova N.F. Age physiology and psychophysiology: a textbook. Moscow: INFRA-M, 2024. – 352 p.
2. Druzhinin V.N. Cognitive abilities: structure, diagnosis, development. – M.: PerSe, 2001. – 223 p.
3. Kovalev A.G., Myasishchev V.N. Psychological Characteristics of a Person // T.P. Abilities. – Leningrad: Leningrad University Press, 1960. – 186 p.
4. Leontyeva N.N., Marinova K.V., Kaplun E.G. Anatomy and Physiology of the Child's Body. – Moscow: Prosveshchenie, 1976. – 167 p.
5. Medvedeva I.A., Pampilova S.A. Studying the Relationship of Adolescents' Cognitive Style with Their Personality Characteristics // Fundamental Aspects of Mental Health. – 2018. – No. 3. – Pp. 37-39.
6. Ozerov V.P., Solovyova O.V. Diagnostics and Formation of Students' Cognitive Abilities: Study Guide. – Stavropol: Stavropol-servisshkola, 1999. – 112 p.
7. Sorokouimova E.A., Popova V.K. Development of the Cognitive Sphere of Modern Primary School Students in Educational Activities // Collection of Humanitarian Research. – 2019. – No. 2. – Pp. 6-10.

About authors

Kabaeva A.V. – student of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *alinamillls@gmail.com*.

Ivanova T.G. – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, e-mail: *itg-3101@mail.ru*.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК: 502:911

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

О.П. Москаленко¹, В.О. Кузьмин²¹ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»²ООО «Вертикаль»

Развитие комплекса географических наук на разных этапах сопровождается процессами дифференциации и интеграции. Это нашло отражение в теоретико-методологических дискуссиях при определении предмета и направлений географических исследований. Авторы рассматривают экологизацию географических исследований как процесс интеграции научных знаний, который в настоящее время определяет перспективные направления развития теории и практики. Из опыта работы показана специфика трудовых функций географа в проектной деятельности.

Ключевые слова: географические исследования, экологизация, геоэкология, прикладные исследования, проектная деятельность.

Развитие какой-либо отрасли знаний, востребованность соответствующей профессии определяется, как правило, долей её участия в решении социально-экономических, технических и научных проблем. «География зародилась в своих практических основах, так сказать, с самим человечеством, она расширялась и развивалась по мере того, как практически расширялся горизонт человечества и развивалась способность человека сознательно всматриваться в окружающую его среду» [9, с. 592].

Развитие экспедиционных исследований, обобщение географических знаний по отдельным компонентам природы привели к формированию комплекса географических наук. Результатом дифференциации научных направлений к концу XIX века, по определению А.Г. Исаченко, стало то, что «в области теоретической мысли у географов не оставалось собственного поля деятельности и предмет исследования у единой географии исчез». Образное сравнение географии с ветвящимся деревом отражает взаимодействие процессов дифференциации и интеграции в науке. «Развивающиеся и новые, постоянно возникающие ответвления – общегеографические и пограничные дисциплины – органически связаны со ствольными географическими науками». Продолжая эту метафору, О.А. Константинов по близкому поводу заметил: «Если ветви от ствола отпадут, ствол останется голым» [8, с. 288].

Специфическое положение географии на стыке естественных и общественных наук можно рассматривать как объективное условие развития экологизации науки, отражающей интеграционные процессы. Сохраняет актуальность тезис профессора географии и антропологии Бернского университета Э.Ю. Петри (1887 г.): «...человеческая мысль разрушила те преграды, которые она когда – то сама провела между областями человеческого знания. Ни одна наука, если только она не будет узкою подспециальностью и если только она имеет жизненную силу, не может более развиваться в своих условных тесных рамках, ибо она стоит в органической связи с целым рядом других наук» [9, с. 612]. Ссылаясь на работы классиков отечественной географии А.К. Черкашин подчёркивает: «...особенность организации и проведения междисциплинарных исследований в географии открывает большие возможности для творческого ума, не ограничивающего себя узкой тематикой одной области знаний, а стремящегося познать земной мир в целом во всех аспектах его существования» [14, с. 5].

Направления прикладных исследований формировались в работах выдающихся отечественных географов, где рассматривались проблемы взаимодействия природы и

хозяйственной деятельности человека. «Географические принципы рационального использования и улучшения природной среды были наиболее ясно сформулированы и осуществлены на практике В.В. Докучаевым и его школой» [5, с. 61]. Систематические исследования в этой области начались в XIX веке в процессе становления русской классической географической научной школы и нашли отражения в работах В.В. Докучаева, А.И. Воейкова, А.Н. Краснова, Г.Ф. Морозова, В.И. Вернадского и других крупных учёных.

В XX веке имело место активное накопление эмпирических данных об изменении состояния природной среды, более остро встали вопросы о роли антропогенного фактора в преобразовании природы, о взаимообусловленности эколого-экономических процессов. Как следствие, в работах географов разрабатываются методические основы оценки состояния среды и роли антропогенного фактора (Минц А.А., Арманд Д.Л., Комар И.В., Назаревский О.Р., Лопатина Е.Б., Мухина Л.И. и др.). Активное использование математических методов в географии нашло отражение в различных вариантах количественных оценок состояния геосреды, рекреационной привлекательности территорий. Географическому прогнозу были посвящены работы Т.В. Звонковой, Ю.Г. Симонова, Ю.Г. Пузаченко, В.М. Кравченко, М.Д. Шарыгина и других учёных. Практическое значение имели работы географов по оценке природных ресурсов и прогнозу развития территориальных систем. В 30-е годы прошлого столетия К. Троль ввёл термин «геоэкология» как синоним географической экологии (ландшафтной), что отражает формирование междисциплинарного исследования состояния геосреды.

На границе XX и XXI веков А.Г. Исаченко сформулировал теоретические положения экологической географии, началом которой рассматривал направления исследований В.В. Докучаева. «Наконец, нельзя не отметить накопленный географической наукой опыт прикладных исследований в самых различных областях, связанных с использованием земельных и других ресурсов» [5, с. 61].

С середины прошлого века проблемы экологического состояния среды вышли за пределы естественно-научных исследований, стали объектом пристального внимания экономистов, политиков, общественных деятелей. Проблемам экологии посвящены многочисленные региональные конференции и мероприятия международного уровня.

Возрастающее влияние антропогенного фактора на качество окружающей среды привело к формированию природно-антропогенных систем различного иерархического ранга. «По существу все собственно экологические проблемы сводятся к соизмерению своих действий с возможностями окружающей среды» [7, с. 307]. Не случайно к концу XX века появились многочисленные прогнозы и оценки степени обеспеченности дальнейшего развития экономики природными ресурсами и состояния окружающей среды. В числе наиболее известных более двадцати докладов Римского клуба, опубликованные с 1972 по 2018 гг. Прикладные геоэкологические исследования в большинстве случаев направлены на оценку ресурсообеспеченности экономического развития стран и регионов, оценку влияния различных видов деятельности на состояние среды. С середины XX века в геоэкологические исследования внедряются новые методы и технологии исследования по предотвращению нарушений естественных свойств ландшафтов в процессе их использования. Внедрение кибернетического подхода позволило моделировать как естественные процессы, так и изменения ландшафтов с учётом хозяйственной деятельности. Целью моделирования рассматривалось оптимальное использование физико-географической сферы; разработка стратегий управления [16]. Метод порогового анализа в 60-е годы использовался в практике городского планирования в Польше при долгосрочных разработках генеральных планов. Среди ограничений рассматривались условия рельефа, заболоченность, другие природные условия, а также существующая структура землепользования [15].

В Советском Союзе прикладные географические исследования были связаны с районной планировкой как видом территориального проектирования при решении конструктивных задач в период плановой экономики. «Районная планировка

предусматривает: оптимальное размещение предприятий различных отраслей промышленности и объектов производственной и социальной инфраструктуры ..., улучшение и охрану окружающей среды» [3, с. 258]. Интеграционным началом между географией и районной планировкой была общность объекта исследования – территориальные системы. Оценка природных особенностей территории всегда имела место в районных планировках и определяла выбор проектных решений. В этой научной области известны работы Е.Е. Лейзеровича, К.В. Пашканга, Е.Д. Смирновой, Л.Г. Швидченко, А.В. Дончевой, Г.С. Самойловой и других исследователей.

Е.Д. Смирнова подчеркивала, что «Т.В. Звонкова, А.Г. Исаченко, А.А. Минц и В.С. Преображенский в 1973 г. высказали важную мысль, что региональное прогнозирование влияния хозяйственной деятельности на природную среду необходимо для правильного решения любой территориальной планировки» [13, с. 166]. В качестве предпроектного документа многоцелевого использования разрабатывались территориальные комплексные схемы охраны природы (ТКСОП), главную цель которых составляло обоснование комплексных мероприятий, обеспечивающих сбалансированное развитие территорий на базе рационального природопользования и охраны природы. Разработка ТКСОП – это отражение интеграции научно-прикладных исследований географии и экологии.

Участники выполнения работ по территориальному планированию (2010–2020 гг.) в ОАО «Гипрогор» приходят к выводу «о существенной роли экологических ограничений для развития и формирования российских агломераций разных типов» [1, с. 48].

Востребованность геоэкологических исследований нашла отражение в многочисленных современных исследованиях и формировании сложной структуры геоэкологии, где сочетаются теоретические и прикладные направления. В структуре прикладной геоэкологии Л.Л. Розанов выделяет «отраслевые» направления в зависимости от области исследования: производственная геоэкология, медицинская, военная, политическая, космическая, историческая [12, с. 28].

В настоящее время в числе прикладных исследований получила развитие направляемая геоэкология, это «деятельность, нацеленная на научное обоснование использования геоэкологических ресурсов, обеспечение выполнения норм и требований, ограничивающих вредное воздействие производства и выпускаемой продукции» [6, с. 21]. Направляемая геоэкология охватывает проблемы, связанные с различными видами деятельности, её конструктивный характер обусловлен комплексом решаемых задач, среди которых выполнение геоэкологической экспертизы, геоэкологического мониторинга, управление качеством окружающей среды.

Геоэкологическая экспертиза – это вид научно-практической деятельности, направленный на комплексную оценку функционирования территориальных природно-хозяйственных систем разного ранга. В качестве цели геоэкологической экспертизы Е.А. Позаченюк определяет нахождение «механизма коадаптивного совмещения хозяйственной подсистемы с природной, а также всей природно-хозяйственной территориальной системы с окружающей её средой» [10, с. 186].

Мониторинг – это система постоянного наблюдения, сбора и обобщения информации. Понятие «мониторинг окружающей среды» было введено в 1972 г. на Стокгольмской конференции ООН. Экологический мониторинг можно рассматривать как своеобразный инструмент формирования информационной системы, «позволяющей получать достоверные сведения о состоянии окружающей среды и её изменениях в физических и биотических компонентах под действием естественных и антропогенных факторов» [2, с. 9]. Сформированные таким образом базы данных о состоянии природно-антропогенных систем в пространственно-временном аспекте являются исходным материалом для разработки методов геоэкологической оценки территории с учётом конкретного вида деятельности.

Прикладные геоэкологические исследования отличаются междисциплинарным характером и направлены на обеспечение принятия научно-обоснованных решений

сбалансированного развития территориальных природно-хозяйственных систем различного иерархического ранга. В профессиональном стандарте Географ (Специалист по выполнению работ по оказанию услуг географической направленности), утверждённом приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 24 декабря 2020 г., понятие «географическая направленность исследований» объединяет социально-, экономико- и эколого-географические исследования [11]. Документ фактически закрепляет интеграционные процессы в научно-прикладных географических исследованиях.

В настоящее время широкий спектр направлений имеет проектная деятельность. Стандартизацию понятий в данной области устанавливает ГОСТ Р 54869–2011, где в п. 3.12 дано определение проекта как «комплекса взаимосвязанных мероприятий, направленных на создание уникального продукта или услуги в условиях временных и ресурсных ограничений» [4]. Планирование проекта включает определение целей и задач проекта, анализ имеющихся земельных ресурсов, определение потенциальных рисков и возможностей, а также выбор оптимальных стратегий управления земельными участками. Разработка проекта геоэкологического обоснования при строительстве и реконструкции объектов промышленности, инфраструктуры включает следующие этапы:

- сбор, анализ и обобщение фондовых материалов, сведений о состоянии окружающей среды (отчёты о состоянии окружающей среды, статистические сборники, доклады, результаты ранее проведённых геоэкологических изысканий в данной местности, дешифрирование данных дистанционного зондирования);
- полевые работы (рекогносцировка, описание ландшафтного рисунка, определение преобладающих типов почв, отбор проб почв, поверхностных и подземных вод, исследование радиационной обстановки, растительного и животного мира);
- изучение воздействия опасных природных и природно-антропогенных процессов на состояние окружающей среды;
- обработка полученных данных и составление технического отчёта.

На начальном этапе работы осуществляется сбор массива данных о геоэкологическом состоянии исследуемой территории, находящихся в открытом доступе либо запрашиваемых у соответствующих ведомств и органов власти. Использование картографических материалов позволяет определить ландшафтный регион или провинцию, к которой приурочен участок предстоящего строительства, геологическое строение района, отдельные климатические показатели, степень расчленённости рельефа и густота речной сети, преобладающая крутизна и экспозиция склонов. Также определяется степень антропогенной нагрузки, в том числе фоновая концентрация поллютантов в районе работ, и некоторые социально – экономические показатели района/муниципалитета (население, показатели промышленного и сельскохозяйственного производства), где расположена площадка работ.

Полевой этап геоэкологических изысканий включает натурное обследование площадки или трассы, визуальное выявление характера антропогенного использования территории, определение источников загрязнения (промышленность, автомобильный транспорт, сброс жидких или твёрдых отходов). При отсутствии актуальной топографической основы на исследуемую территорию выполняется планово-высотная съёмка, отражающая подробно элементы форм рельефа: возвышенности, обвалы, осыпи, тальвеги ложбин и балок, береговые уступы, урезы воды.

В процессе почвенной съёмки (отбора почвенных проб из каждого горизонта) и почвенно-геоморфологического профилирования идёт формирование информационной базы данных для составления крупномасштабной почвенной карты местности. Полученные результаты необходимы для определения целесообразности сохранения плодородного слоя.

Комплекс полевых исследований гидрологического режима территории. При наличии поверхностных вод описываются водные объекты участка, оценка их эрозионного воздействия, проводятся гидрометрические работы. Детально регистрируются сведения о характере хозяйственного использования водных объектов (хозяйственно-питьевое

водоснабжение, рыбоводство, получение энергии и т.п.). Изучению подлежат также подземные воды: определение глубины их залегания, закономерности движения, условия питания и разгрузки. Отбираются пробы поверхностных, подземных вод и донных отложений.

Результаты полевых изысканий подлежат камеральной обработке. По результатам планово-высотной съёмки составляется топографический план территории, определяются наибольшие уклоны в границах участка будущих работ. План содержит данные гидрометрических работ: географ наносит реки, ручьи, каналы, водоёмы, заболоченные участки, указывает их глубину и отметки уреза воды. Для водотоков отмечается направление и скорость течения. Результаты почвенной съёмки выступают основой для составления почвенной карты площадки, на которой цветом отображаются преобладающие типы почв, а штриховкой – гранулометрический состав; способом значков наносятся почвенные разрезы. На основе данных о рельефе, почвах, водном режиме и растительных сообществах местности географ составляет ландшафтную карту с выделением основных иерархических элементов: урочищ, подурочищ и фаций. Отобранные образцы почв исследуют в лаборатории на предмет содержания гумуса и патогенных микроорганизмов, также определяется концентрация загрязняющих веществ: тяжёлых металлов, нефтепродуктов и радионуклидов. Анализу на нитраты, нитриты, хлориды, взвешенные вещества и нефтепродукты подвергаются пробы воды. При составлении климатической характеристики участка работ географ использует данные многолетних наблюдений ближайшей метеорологической станции, размещённые в актуализируемом научно-прикладном справочнике «Климат России» (при наличии метеостанции в каталоге) или иных ресурсах.

Осуществляется систематизация и обработка данных, полученных от различных ведомств:

- регионального центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среду (фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, климатическая сводка (при отсутствии информации в свободном доступе), при необходимости – характерные уровни воды в реках, сведения о ледовых и прочих гидрологических явлениях);

- государственного водного реестра (сведения о ширине водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов, гидротехнических сооружений), местной администрации (информация о наличии водозаборов и зон их санитарной охраны, особо охраняемых природных территорий местного значения, памятников археологии и архитектуры, санитарно-защитных зон предприятий и кладбищ);

- федерального геологического фонда (наличие месторождений или залежей полезных ископаемых);

- ветеринарной службы (наличие сибиреязвенных захоронений, скотомогильников, биотермических ям и их санитарно-защитных зон);

- региональных департаментов природных ресурсов и Минприроды России (наличие ООПТ регионального и федерального значения соответственно).

Результат многоаспектной работы должен быть представлен в виде комплексного и всеобъемлющего отчёта о геоэкологическом состоянии территории предстоящих строительных работ. Отчёт должен также включать оценку будущего состояния природной среды и отдельных её компонентов, прогноз развития неблагоприятных природных и природно-техногенных явлений и процессов с учётом специфики проектируемых объектов.

Интеграционные процессы в науке – естественное и закономерное явление. Укрепление междисциплинарных связей географических наук и экологии – характерная черта отечественной научной географической школы, что в большой степени продиктовано научно-практической ориентацией стоящих перед ними задач. В настоящее время прикладные работы данной направленности реализуются в форме проектной деятельности. Участие географов в разработке масштабных проектов развития природно-хозяйственных систем видится необходимым. Интегральный характер научных знаний и практических

навыков, обусловленный спецификой географии, позволяют географу комплексно оценивать состояние геосистем, выявлять особенности взаимодействия их компонентов, определять степень антропогенной нагрузки, взаимовлияния окружающей среды и хозяйственной деятельности, моделировать процесс трансформации территории в краткосрочной и долгосрочной перспективе с учётом введения различных переменных.

Список литературы

1. Агеева И.В., Волкова И.Н., Крылов П.М. Экологические ограничения в схемах территориального планирования российских агломераций // Географическая среда и живые системы. – 2023. – № 1. – С. 44-60. DOI: 10.18384/2712-7621-2023-1-44-60.
2. Апкин Р.Н., Минакова Е.А. Экологический мониторинг: учеб. пособие. – Казань: Казан. гос. энерг. ун – т, 2015. – 127 с.
3. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / Гл. ред. А.Ф. Трешников; Ред. кол.: Э.Б. Алаев, П.М. Алампиев, А.Г. Воронов и др. – М.: Сов. Энциклопедия, 1988. – 432 с.
4. ГОСТ Р 54869 – 2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом : национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утверждён и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 декабря 2011 г. № 1582 – ст: введен впервые: дата введения 2012 – 09 – 01 / разработан Автономной некоммерческой организацией «Центр стандартизации управления проектами» (АНО «Центр стандартизации управления проектами»). – М.: Стандартинформ, 2011. – 9 с.; 29 см.
5. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды (географический аспект). – М.: Мысль, 1980. – 264 с.
6. Копылов И.С. Прикладная геоэкология: учеб. пособие. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – 247 с.
7. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. – М.: Мол. Гвардия, 1990. – 351 с.
8. Перцик Е.Н. История, теория и методология географии: учебник для бакалавриата и магистратуры. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 432 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс). – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – с. 288 – URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434173/p.288> (дата обращения: 07.09.2019).
9. Петри Э.Ю. Задачи научной географии // Известия Императорского Русского географического общества, издаваемые под редакцию секретаря общества. Том XXIII. 1887. Выпуск V. – С. – Петербург, типография А.С. Суворина, 1887. – С. 591-616.
10. Позаченюк Е.А. Экологическая экспертиза и экологический аудит как предмет геоэкспертологии // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Юридические науки». Том 21 (60). – 2008. – №1. – С. 180-190.
11. Профстандарт 10.013 | Географ (Специалист по выполнению работ и оказанию услуг географической направленности) | Профессиональные стандарты 2026 – <https://classinform.ru/profstandarty/10.013-geograf-spetcialist-po-vypolneniiu-rabot-i-okazaniuu-uslug-geograficheskoi-napravlennosti.html>.
12. Розанов Л.Л. Современное геоэкологоведение // Научный диалог. – 2015. – № 2 (38). – С. 21-40.
13. Смирнова Е.Д. Инвентаризация природных ресурсов и оценка ландшафтов в районных планировках // Вопросы географии. Географические науки и районная планировка. – 1980. – № 13. С. 161-169.
14. Черкашин А.К. Предмет географических исследований: метатеоретический подход // Известия русского географического общества Т. 154. – 2022. – № 2. – С. 3-21.
15. Malisz B. Threshold analysis as a tool in urban and regional planning // Papers of regional science association. – 1972. – № 29.
16. Krcho J. Geograficky casopis. – Bratislava, 1974, XXVI, 2.

Сведения об авторах

Москаленко Ольга Павловна – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: *asik54@mail.ru*.

Кузьмин Валентин Олегович – специалист отдела гидрометеорологических изысканий ООО «Вертикаль», e-mail: *kuporod@yandex.ru*.

ECOLOGIZATION OF APPLIED GEOGRAPHICAL RESEARCHES

O.P. Moskalenko¹, V.O. Kuzmin²

¹Bryansk State University named after academician I.G. Petrovskij

²ООО «Vertical»

The development of the geographical sciences at various stages has been accompanied by processes of differentiation and integration. This is reflected in theoretical and methodological discussions regarding the subject and direction of geographical research. The authors examine the ecologization of geographical research as a process of integrating scientific knowledge, which currently determines promising directions for the development of theory and practice. Based on their experience, the specifics of a geographer's work functions in project work are demonstrated.

Keywords: *geographical research, ecologization, geoecology, applied research, project activity.*

References

1. Ageeva I.V., Volkova I.N., Krylov P.M. Ecological restrictions in territorial planning schemes of Russian agglomerations // *Geographical Environment and Living Systems*. – 2023. – No. 1. – Pp. 44 – 60. DOI: 10.18384/2712-7621-2023-1-44-60.
2. Apkin R.N., Minakova E.A. *Environmental Monitoring: Textbook*. – Kazan: Kazan State Energy University, 2015. – 127 p.
3. *Geographic Encyclopedic Dictionary. Concepts and Terms* / Chief editor A.F. Treshnikov; Editorial board: E.B. Alaev, P.M. Alampiov, A.G. Voronov et al. – Moscow: Soviet Encyclopedia, 1988. – 432 p.
4. GOST R 54869 – 2011. *Project Management. Requirements for project management: National Standard of the Russian Federation: Official Edition: Approved and introduced by Order of Federal Agency on Technical Regulation and Metrology dated December 22, 2011 No. 1582 – st: First Introduction: Date of introduction September 1, 2012 / Developed by Autonomous Non – profit Organization “Center for Standardization of Project Management” (ANO “Project Management Standardization Center”)*. – Moscow: Standartinform, 2011. – 9 p.; 29 cm.
5. Isachenko A.G. *Optimization of Natural Environment (Geographic Aspect)*. – Moscow: Mysl', 1980. – 264 p.
6. Kopilov I.S. *Applied Geoecology: Textbook*. – Perm: Perm State National Research University, 2023. – 247 p.
7. Moiseev N.N. *Man and Noosphere*. – Moscow: Molodaya Gvardiya, 1990. – 351 p.
8. Percik E.N. *History, Theory and Methodology of Geography: Textbook for Bachelor's and Master's Degree Programs*. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2019. – 432 p. – (Bachelor and Master. Academic Course). – Electronic text // Yurait eLibrary website. – P. 288. – URL: [access date: September 7, 2019].
9. Petri E.Yu. *Tasks of Scientific Geography* // *Proceedings of the Imperial Russian Geographical Society* edited by the secretary of the society. Volume XXIII. Issue V. – St. Petersburg: Printing house of A.S. Suvorin, 1887. – P. 591-616.

10. Pozachenyuk E.A. Environmental Expertise and Audit as Subjects of Geoexpertology // Scholarly Notes of Tavrichesky National University named after V.I. Vernadsky. Series "Legal Sciences". Volume 21 (60). – 2008. – No. 1. – P. 180-190.
11. Professional Standard 10.013 | Geographer (Specialist in Performing Works and Providing Services of a Geographical Nature) | Professional Standards 2026 – URL: classinform.ru/profstandarty/10.013-geograf-specialist-po-vypolneniyu-rabot-i-okazaniyu-uslug-geograficheskoy-napravlenosti.html.
12. Rozanov L.L. Modern Geoecological Science // Scientific Dialogue. – 2015. – No. 2 (38). – P. 21-40.
13. Smirnova E.D. Inventory of natural resources and landscape assessment in district plans // Issues of Geography. Geographical Sciences and Regional Planning. – 1980. – No. 13. – P. 161-169.
14. Cherkashin A.K. The subject of geographical research: metatheoretical approach // Proceedings of the Russian Geographical Society. Volume 154. – 2022. – No. 2. – Pages 3-21.
15. Malisz B. Threshold analysis as a tool in urban and regional planning // Papers of regional science association. – 1972. – № 29.
16. Krcho J. Geograficky casopis. – Bratislava, 1974, XXVI, 2.

About the authors

Moskalenko O.P. – PhD in Geography, Associate Professor in the Department of Geography, Ecology, and Land Management at I.G. Petrovsky Bryansk State University, e-mail: asik54@mail.ru.

Kuzmin V.O. – specialist of the hydrometeorological survey department of ООО «Vertical», e-mail: kuporod@yandex.ru.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 577.217

АПРОБАЦИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ПЦР-АНАЛИЗА ФИТОПЛАЗМЫ МАЛИНЫ

В.В. Кобякова, В.В. Заякин

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского»

В работе проведена апробация двух пар специфических праймеров (PhyPF/PhyPR1k и PhyPF/PhyPR2), разработанных ранее на основе транскрибируемого спейсера кластера генов рДНК фитоплазм, для выявления фитоплазмы малины методом ПЦР. Показана эффективность обеих праймерных систем. Для пары праймеров PhyPF/PhyPR1k выполнена оценка воспроизводимости (коэффициент вариации $V = 5,2\%$), что свидетельствует о хорошей воспроизводимости метода. Экспериментальные длины ампликонов составили $109,3 \pm 5,7$ п.н. (PhyPF/PhyPR1k). Экспериментальная длина ампликона для пары PhyPF/PhyPR2 равна 200 п.н.. Полученные значения близки к теоретическим. Данные результаты подтверждают специфичность разработанных праймеров и пригодность их для диагностики фитоплазмоза малины.

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция, электрофорез, фитоплазма, малина, специфические праймеры, воспроизводимость.

Фитоплазмы (Candidatus Phytoplasma) являются облигатными внутриклеточными паразитами растений, поражающими флоэму и вызывающими комплекс симптомов, включающих хлороз, деформацию листьев, появление «ведьминых метел» и филлодию [2]. Фитоплазмоз малины приводит к значительному снижению урожайности и гибели растений. Одним из наиболее эффективных методов ранней диагностики является полимеразная цепная реакция (ПЦР), позволяющая выявлять патоген даже при отсутствии внешних симптомов. Ключевым элементом ПЦР-диагностики являются специфические праймеры, комплементарные уникальным участкам генома возбудителя.

Ранее в рамках выпускной квалификационной работы выпускника кафедры были разработаны две пары специфических праймеров на основе консервативных участков 16S–23S рДНК фитоплазм: PhyPF/PhyPR1k и PhyPF/PhyPR2 [1,3]. Последовательности праймеров и ожидаемые длины ампликонов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Праймеры использованные в работе

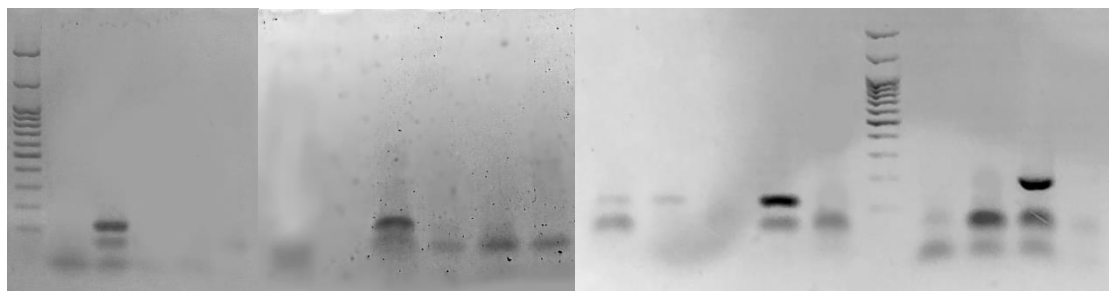
	Обозначение	Последовательность	Ожидаемые длины ампликонов
1	PhyPF	5'tgg-gcg-taa-agg-gtg-cgt	
2	PhyPR1k	5'gga-att-ccg-ctt-gcc-tct-atc	116
3	PhyPR2	5'cag-cgt-cag-taa-aga-ccc-agc-a	193

Целью настоящей работы стала апробация данных праймерных систем и оценка их специфичности и воспроизводимости.

Для исследования использовали образец малины сорта Абрикосовая с характерными признаками фитоплазменной инфекции. Выделение тотальной ДНК проводили СТАВ-методом с последующей очисткой методом твёрдофазной сорбции на SiO_2 [4]. Качество и концентрацию ДНК оценивали спектрофотометрически на приборе NanoVue Plus. ПЦР-

анализ выполняли на амплификаторе «Терцик» согласно подобранным температурным режимам (температура отжига 53°C для PhyPF/PhyPR1k и 56°C для PhyPF/PhyPR2). Продукты амплификации разделяли в 2% агарозном геле, визуализацию проводили в УФ-свете после окрашивания бромистым этидием. Для определения длин фрагментов использовали калибровочную кривую, построенную по маркеру M28 (100–3000 п.н.).

На рисунке 1 представлены результаты электрофоретического разделения продуктов ПЦР.



М 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 М 17 18 19 20

Рис. 1. Электрофореграммы продуктов ПЦР с разными парами праймеров.

М – маркер молекулярных масс ДНК M28; 1-16 – ПЦР с парой праймеров PhyPF/PhyPR1k, 2,8,15 – поражённая Абрикосовая, 13 – малина Красная с признаками патологии, 1,3-7,9-14,16 – образцы без признаков патологии; 17-20 – ПЦР с парой праймеров PhyPF/PhyPR2, 19 – поражённая Абрикосовая, 17 – малина Красная с признаками патологии, 18,20 – образцы без признаков патологии.

Для пары праймеров PhyPF/PhyPR1k было проведено три параллельных измерения (рис. 1, дорожки 1–11, 12–16). Полученные длины ампликонов составили 103, 114 и 111 п.н. Коэффициент вариации ($V = 5,2\%$) не превышает 10%, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости метода. Средняя длина ампликона составила 109,3 п.н., что близко к теоретическому значению 116 п.н.

Для пары праймеров PhyPF/PhyPR2 было проанализировано 4 образца (рис. 1, дорожки 17-20). Рассчитанная длина ампликона для обнаруженной фитоплазмы составила 200 п.н., что хорошо согласуется с теоретическим значением 193 п.н. (отклонение 3,6%). Данный результат подтверждает высокую специфичность этой праймерной системы.

Для дополнительной проверки специфичности праймерных систем был проанализирован образец малины Красной, имеющий внешние признаки патологии (деформация листьев, хлороз). Тестирование с обеими парами праймеров не выявило амплификации целевых фрагментов (рис. 1, дорожки 13,17). Полученный результат свидетельствует о том, что наблюдаемые симптомы заболевания вызваны не фитоплазменной инфекцией, а, вероятно, другими патогенами (вирусами, грибами) или абиотическими факторами. Это подтверждает специфичность разработанных праймеров в отношении именно фитоплазмы малины.

Таким образом, обе протестированные праймерные системы показали свою работоспособность. Праймеры помимо специфичности, продемонстрировали хорошую воспроизводимость, что важно для практического применения. Полученные результаты позволяют рекомендовать разработанные праймерные системы для диагностики фитоплазмоза малины.

Список литературы

1. Баранов Д.С. Оптимизация методов на основе ДНК технологий для идентификации патогенов и определения их полиморфизма: выпускная квалификационная работа. – Брянск, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 2023. – 67 с.

2. Матяшова Г.Н. Разработка и совершенствование методов диагностики фитоплазм – возбудителей болезней плодовых и ягодных культур: дисс. ...кандидата биол. наук. – М.: Российский университет дружбы народов, 2017. – 150 с.

3. Финстерле В.В., Заякин В.В. Подбор последовательностей для ПЦР-анализа фитоплазм малины на основе рДНК. // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Химия– XXI век. Теория, практика, образование». – Брянск: Изд. Брянского государственного университета, 2021.

4. Заякин В.В., Немцова Е.В., Казаков И.В., Нам С.Н., Евдокименко С.Н. Скрининг вируса кустистой карликовости малины методом RT-PCR IN VITRO и в полевом материале // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – Т. 42. №5. – С. 119-123

Сведения об авторах

Кобякова Виктория Валерьевна – студент кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

Заякин Владимир Васильевич – доктор биологических наук, профессор кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: vladimir.zajackin@yandex.ru.

APPROBATION OF SPECIFIC PRIMERS FOR PCR ANALYSIS OF RASPBERRY PHYTOPLASMA

V.V. Kobyakova, V.V. Zayakin

Bryansk State University Named After Academician I.G. Petrovsky

The paper presents the approbation of two pairs of specific primers (PhyPF/PhyPR1k and PhyPF/PhyPR2), previously developed on the basis of the transcribed spacer of the rDNA gene cluster of phytoplasmas, for the detection of raspberry phytoplasma by PCR. The effectiveness of both primer systems is shown. For the PhyPF/PhyPR1k primer pair, the reproducibility was evaluated (coefficient of variation $V = 5.2\%$), indicating good reproducibility of the method. The experimental amplicon lengths were 109.3 ± 5.7 bp (PhyPF/PhyPR1k). The experimental amplicon length for the PhyPF/PhyPR2 pair was 200 bp. The obtained values are close to the theoretical ones. These results confirm the specificity of the developed primers and their suitability for the diagnosis of raspberry phytoplasmosis.

Keywords: polymerase chain reaction, electrophoresis, phytoplasma, raspberry, specific primers, reproducibility.

References

1. Baranov D.S. Optimization of DNA-based methods for identifying pathogens and determining their polymorphism: Graduation qualification work. – Bryansk, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovskiy, 2023. – 67 p.

2. Matyashova G.N. Development and improvement of methods for diagnosing phytoplasmas – pathogens of fruit and berry crops: diss. candidate of biological sciences. – Moscow: Russian University of Friendship of Peoples, 2017. – 150 p.

3. Finsterle V.V., Zayakin V.V. Selection of sequences for PCR analysis of raspberry phytoplasmas based on rDNA. // Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference with international participation "Chemistry – XXI century. Theory, practice, education". – Bryansk: Publ. of Bryansk State University, 2021.

4. Zayakin V.V., Nemcova E.V., Kazakov I.V., Nam S.N., Evdokimenko S.N. Screening of raspberry bush dwarf virus by RT-PCR in vitro and in field material // Agricultural biology. – 2007. – Vol. 42. No. 5. – P. 119-123.

About the authors

Kobyakova V.V. – student of the Department of the Chemistry, Bryansk State University Named After Academician I.G. Petrovsky.

Zayakin V.V. – Doctor of Biological Sciences, professor of the Department of the Chemistry, Bryansk State University Named After Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *vladimir.zajackin@yandex.ru*.

УДК 541.138+544.65:544.4

ЛИТИЙ-КИСЛОРОДНЫЙ АККУМУЛЯТОР С ДВУХСЛОЙНЫМ СЕПАРАТОРОМ И ЭЛЕКТРОЛИТОМ С ДОБАВКОЙ LiI

О.В. Корчагин, О.В. Трипачев, В.Н. Андреев

ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Российской академии наук», г. Москва

Предложена архитектура Li-O₂ аккумулятора на основе двухслойного сепаратора, включающего слой фильтровальной бумаги, пропитанной жидким электролитом с добавкой LiI, и мембрану Li-Nafion. Циклируемость разработанной системы составила 160 последовательных циклов, что превышает характеристики систем на основе однослойных сепараторов различного типа.

Ключевые слова: Литий-кислородный аккумулятор, жидкий электролит, твердый электролит, сепаратор, редокс-медиатор, углеродные нанотрубки.

Электрохимическая система литий-кислород превосходит по теоретической энергоемкости как коммерциализованные, так и перспективные аккумуляторы. Энергоемкость металлического лития почти в пять раз выше, чем у цинка, а кислород отличается высокой окислительной способностью и широко доступен. Среди главных препятствий на пути практической реализации литий-кислородных аккумуляторов (ЛКА) – отсутствие оптимальных активных материалов положительного электрода и электролитов. Для ЛКА в настоящее время используют преимущественно апротонные жидкие и твердые электролиты. Реакции восстановления и выделения кислорода, протекающие при разряде и заряде ЛКА, соответственно, в жидкой среде протекают в условиях полного затопления пор положительного электрода. Это ограничивает допустимую плотность тока скоростью диффузии кислорода в выбранном электролите. Использование твердого электролита обеспечивает сохранение, по крайней мере, части газовых пор, что может увеличить эффективный коэффициент диффузии кислорода. С другой стороны, наряду с транспортными ограничениями, разрядная емкость ЛКА лимитируется блокировкой поверхности положительного электрода твердым продуктом реакции восстановления кислорода – пероксидом лития, обладающим крайне низкой электропроводностью. Процессы образования Li₂O₂ при разряде и его окисления при заряде могут быть ускорены путем оптимизации состава активного материала и электролита. В задачи настоящей работы входило сопоставление жидких и твердых электролитов в составе ЛКА, а также разработка архитектуры ЛКА с двухслойным сепаратором, сочетающей преимущества электролитов различного типа.

В качестве жидких электролитов в работе исследовали растворы 1M LiClO₄ и 0.5M LiI + 0.5M LiClO₄, которыми пропитывали стекловолоконный сепаратор на основе фильтровальной бумаги (ф/б). Твердым электролитом служила мембрана Nafion 212 в литиевой форме (Li-Nafion), предварительно выдержанная в одном из жидких электролитов указанного состава. Положительный электрод формировали путем нанесения активного материала (углеродных нанотрубок) со связующим на поверхность газодиффузионного слоя Sigracet 39 BV. ЛКА испытывали в составе стандартных ячеек типа Swagelok, сборку и испытания проводили в атмосфере сухого бокса, деаэрированного аргонном. Отрицательным электродом служила литиевая фольга, в качестве окислителя использовали кислород (ос. ч.), который непрерывно пропускали через ячейку при испытаниях. Циклирование проводили в режиме постоянной емкости 500 мАч/г и плотности тока 1С. Испытания останавливали в случае снижения напряжения ЛКА на стадии разряда до 2 В.

При испытаниях ЛКА с однослойным сепаратором показано, что при переходе от жидкого электролита (ф/б, пропитанная 1М LiClO₄) к твердому (Li-Nafion) циклируемость возрастает. Полученные результаты могут быть обусловлены ускорением транспорта кислорода в случае электролита Li-Nafion, благодаря сохранению части газовых пор в активном слое положительного электрода. Кроме того, основным продуктом реакции восстановления кислорода – пероксид лития – в случае Li-Nafion осаждается на положительном электроде в виде компактной пленки, в то время как в случае жидкого электролита образуется рыхлый осадок, состоящий из крупных частиц Li₂O₂. Компактный пероксид лития отличается более низким перенапряжением окисления при заряде ЛКА, что обуславливает повышение циклируемости при переходе от жидкого к твердому электролиту.

Добавка LiI в состав как жидкого, так и твердого электролита позволяет изменить механизм реакций на положительном электроде: наряду с продуктом 2-хэлектронного восстановления кислорода (Li₂O₂) образуется продукт 4-хэлектронной реакции – гидроксид лития. При заряде ЛКА с LiI происходит окисление иодида с образованием иона I₃⁻, который вступает в химическую реакцию с Li₂O₂ и/или с LiOH, обеспечивая освобождение поверхности положительного электрода по редокс-медиаторному механизму. Этот процесс протекает при существенно меньшем перенапряжении, чем реакция твердофазного окисления пероксида лития, протекающая при заряде ЛКА с электролитом без LiI. Благодаря добавке LiI циклируемость ЛКА с жидким электролитом увеличилась от 17 до 83 циклов. Однако в случае ЛКА с твердым электролитом циклируемость при введении LiI увеличилась существенно в меньшей степени (от 48 до 61 цикла). Этот эффект может быть связан с повышенным уносом йода из системы в случае ЛКА с Li-Nafion.

Для снижения скорости уноса редокс-медиатора предложено использовать двухслойный сепаратор, состоящий из ф/б, пропитанной жидким электролитом (0.5М LiI + 0.5М LiClO₄) со стороны литиевого анода, и Li-Nafion со стороны положительного электрода. Твердый электролит предотвращает затопление газовых пор, а наличие резервуара для жидкого электролита обеспечивает поступление редокс-медиатора в зону реакции на положительном электроде. ЛКА с сепаратором предложенной структуры показал циклируемость 160 циклов, что превосходит результаты, полученные для всех исследованных систем с однослойным сепаратором. Полученные результаты показывают возможность существенного повышения циклического ресурса ЛКА с положительным электродом заданной структуры путем оптимизации состава электролита и сепаратора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания ИФХЭ РАН.

Сведения об авторах

Корчагин Олег Вячеславович – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, e-mail: oleg-kor83@mail.ru.

Трипачев Олег Васильевич – старший научный сотрудник ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, e-mail: tripachevov@mail.ru.

Андреев Владимир Николаевич – доктор химических наук, главный научный сотрудник ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, e-mail: vandr@phych.ac.ru.

LITHIUM-OXYGEN BATTERY WITH DOUBLE LAYER SEPARATOR AND ELECTROLYTE WITH LiI ADDITIVE

O.V. Korchagin, O.V. Tripachev, V.N. Andreev

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry,
Russian Academy of Sciences, Moscow

A lithium-oxygen battery architecture based on a two-layer separator, comprising a layer of filter paper impregnated with a liquid electrolyte containing LiI, and a Li-Nafion membrane, was proposed. The proposed system achieved a cycle life of 160 successive cycles, exceeding the performance of systems based on various single-layer separators.

Keywords: Lithium-oxygen battery, liquid electrolyte, solid electrolyte, separator, redox-mediator, carbon nanotubes.

About the authors

Korchagin O.V. – Candidate of Chemical Sciences, leading researcher at the Federal State Budgetary Institution Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry named after. A.N. Frumkin Russian Academy of Sciences, e-mail: *oleg-kor83@mail.ru*.

Tripachev O.V. – senior researcher at the Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry named after. A.N. Frumkin Russian Academy of Sciences, e-mail: *tripachevov@mail.ru*.

Andreev V.N. – Doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Institution Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry named after. A.N. Frumkin Russian Academy of Sciences, e-mail: *vandr@phyche.ac.ru*.

УДК 531.7.08

РАСЧЁТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Д.Д. Никитенко, С.В. Лукашов

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В работе представлен метод расчета метрологических параметров поверхности трибосопряжений для применения в зондовой микроскопии. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения точности и воспроизводимости измерений характеристик поверхностей, подвергающимся механическим воздействиям и нагрузкам. Методика опирается на анализ данных зондовой микроскопии с метрологической обработкой результатов.

Ключевые слова: зондовая микроскопия, трибосопряжений, метрологические параметры, точность измерений, шероховатость поверхности.

Современные исследования в области трибологии требуют высокоточных методов оценки и состояния поверхностей, подвергающихся трению и износу. Особое значение приобретают методы нано-масштабного анализа, среди которых зондовая микроскопия, включая резонансно-атомную сканирующую микроскопию (РАСМ) занимает ключевое место благодаря возможности получения детальной информации поверхности и локальных механических характеристик.

Существующие методики метрологической оценки зачастую не учитывают специфику трибологических процессов, что приводит к снижению точности и достоверности получаемых данных. Это ограничивает возможности прогнозирования износостойкости и долговечности трибосистем, а также затрудняет контроль качества поверхностей в промышленности.

Цель настоящей работы заключается в разработке метода расчета метрологических параметров поверхности трибосопряжений для зондовой микроскопии, позволяющего повысить точность и воспроизводимость измерений. Научная новизна исследования состоит в комплексном учете трибологических условий при метрологической оценке данных зондовой микроскопии, что позволяет существенно повысить достоверность измерений. Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения разработанного метода для контроля качества поверхностей трибосопряжений в машиностроении, оптимизация режимов трения и износа, а также повышения точности исследований в материаловедении и нанотехнологиях.

В данной работе применялся количественный (математическо-статистический) анализ. Это совокупность элементов преобразования и вычисления полученных данных в ходе эксперимента с помощью математических и статистических манипуляций, а также применяемых методов вычисления. Обработка данных, полученных в результате исследования поверхностей трибосопряжений, проводилась в программе Excel. Результаты независимых повторных измерений позволяют определить интервал с заданной доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Перед математической обработкой данных необходимо выявить промахи и исключить их из числа полученных результатов. Для выявления промахов используем Q-критерий (с числом измерений $n < 10$).

$$Q = \frac{|X_1 - X_2|}{R}, \quad (1)$$

где $R = X_{\max} - X_{\min}$ – размах варьирования;
 X_1 – подозрительно выделяющееся значение;

X_2 – результат единичного определения, ближайший по значению к X_1

Полученное значение сравниваем с критическим значением $Q_{крит}$ при доверительной вероятности $P = 0,95$. Если $Q > Q_{крит}$, выпадающий результат является промахом и его отбрасываем.

Из серии результатов повторных (параллельных) измерений $X_1, X_2, \dots, X_i$ вычисляем среднее арифметическое $\bar{X}$ по формуле 2:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

где $\bar{X}$ – среднее значение;

x_i – единичный результат измерений;

n – число повторностей определения

и дисперсию, характеризующую рассеяние результатов относительно среднего:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (3)$$

Для характеристики рассеяния используем стандартное отклонение – S_x :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Рассчитываем стандартное отклонение среднего по формуле 5:

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Исходя из экспериментальных значений среднего и стандартного отклонения, рассчитываем интервал, внутри которого с заданной вероятностью находится величина μ . Этот интервал называется доверительным интервалом, его границы – доверительными границами, а соответствующая вероятность – доверительной вероятностью.

Доверительный интервал, характеризующий как воспроизводимость результатов анализа, так и их правильность, рассчитываем по формуле 6:

$$\bar{X} \pm t_{p,f} \cdot S_{\bar{X}} \quad (6)$$

где $t_{p,f}$ – статистический коэффициент Стьюдента при числе степеней свободы $f = n - 1$ и доверительной вероятности $P = 0,95$ (или уровня значимости $P = 0,05$).

Рассматривая зондовую микроскопию, она является мощным инструментом для изучения наноразмерных явлений на поверхности трибосопряжений, однако требует тщательной подготовки образцов и чувствительна к вибрациям и загрязнениям. В трибологии данный метод исследования может использоваться для изучения шероховатости поверхности с высоким разрешением, для визуализации наноразмерных дефектов и изменения структуры, вызванных трением. В работе [1] описывается использование атомно-силовой микроскопии для оценки качества очистки и трибохимических свойств поверхности кремниевых пластин.

Экспериментальная верификация трибологических параметров осуществлялась для 15 образцов в условиях СЗМ. Для визуализации и количественной оценки морфологических изменений поверхностей трибосопряжений в нано-масштабе в настоящем исследовании была применена сканирующая зондовая микроскопия в режиме РАСМ [2].

Качественное изменение состояния поверхностей до и после трибологического контакта, зафиксированное на микрофотографиях (рис.1-2), наглядно иллюстрирует эффект «выглаживания» и устранение грубых дефектов механической обработки при использовании модифицированных смазок.

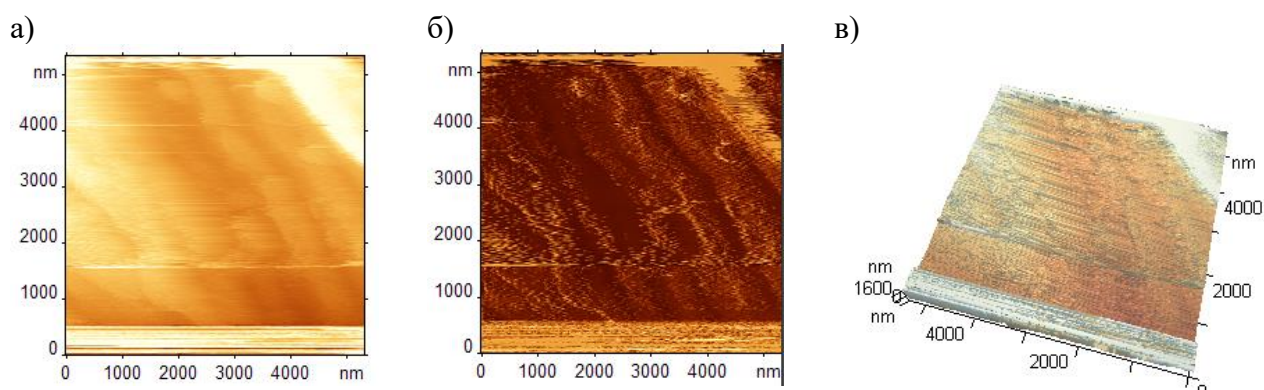


Рис. 1. Результаты исследования исходной поверхности методом РАСМ:
а) амплитудный контраст, б) фазовый контраст, в) 3 визуализация рельефа поверхности с подсветкой по высоте (количественные характеристики R_a , nm; R_{max} , nm; R_z , nm; R_q , nm; Drop, nm; Distance, nm; Angle, deg)

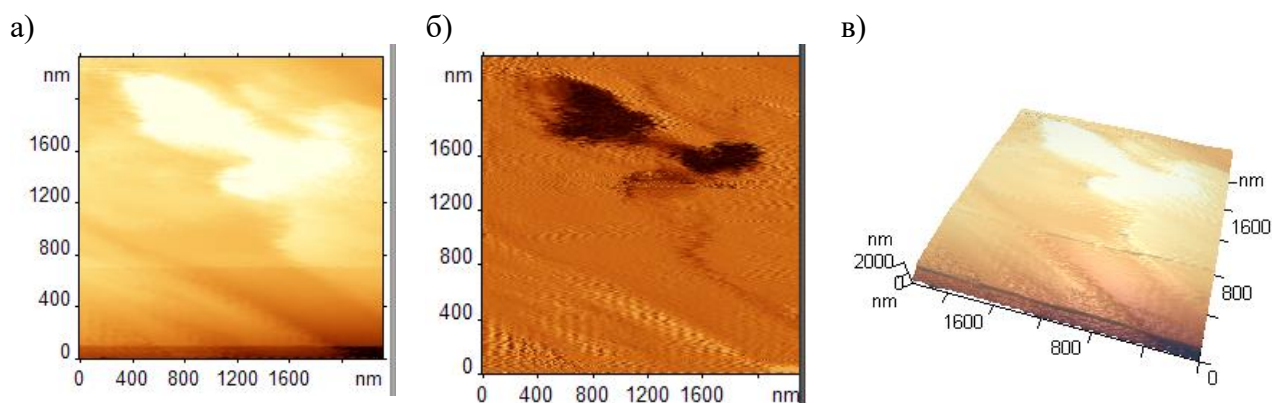


Рис. 2. Пример результатов исследования поверхности (образец №1 табл.1), после трибологических испытаний методом РАСМ: а) амплитудный контраст, б) фазовый контраст, в) 3 визуализация рельефа поверхности с подсветкой по высоте

Аналогичным образом были исследованы поверхности всех образцов. Для подтверждения достоверности и статистической значимости полученных результатов был произведен расчет ключевых метрологических характеристик экспериментальных данных. Процедура обработки включала определение среднего арифметического значения измеряемых параметров ($\bar{x}$), расчет стандартного отклонения (Sx) и вычисление доверительного интервала (табл. 1-2).

Метрологическая проверка подтвердила высокую эффективность подхода. Полученные результаты демонстрируют, что разработанный метод обеспечивает более высокую точность и воспроизводимость измерений характеристик поверхностей в условиях трения и износа. В перспективе метод может быть усовершенствован для работы в динамических режимах и при высоких температурах, а также интегрирован в программное обеспечение. Таким образом, исследование вносит значимый вклад в развитие метрологии зондовой микроскопии и расширяет возможности изучения трибосопряжений на нано-уровне.

Таблица 1

Расчет ключевых метрологических характеристик

№ образца		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Параметры	Стандартное отклонение	0,208	0,040	0,252	0,153	0,153	0,031	0,351	0,100
	Доверительный интервал	158,90±0,50	153,33±0,52	98,23±0,10	216,07±0,63	155,93±0,38	266,33±0,38	98,23±0,08	112,67±0,87
$R_{\max}$, nm	Стандартное отклонение	0,153	1,000	1,528	1,000	1,528	0,577	1,000	1,528
	Доверительный интервал	916,93±0,38	1130,00±2,48	1350,33±3,79	1566,00±2,48	1784,67±3,79	1464,67±1,43	1420,00±2,48	1373,67±3,79
R_z , nm	Стандартное отклонение	0,045	0,252	0,666	0,907	0,709	0,971	1,411	0,755
	Доверительный интервал	20,17±0,11	215,03±0,63	410,37±1,65	600,37±2,25	796,57±1,76	271,57±2,41	295,20±3,50	318,40±1,88
R_q , nm	Стандартное отклонение	0,611	0,451	0,300	0,208	0,252	0,306	0,252	0,306
	Доверительный интервал	196,53±1,52	235,13±1,12	273,30±0,75	311,43±0,52	350,87±0,63	144,77±0,76	159,27±0,63	174,07±0,76
Drop, nm	Стандартное отклонение	0,030	0,036	0,031	0,036	0,020	0,200	0,100	0,058
	Доверительный интервал	1331,76±0,07	1000,21±0,09	1274,73±0,08	1397,52±0,09	1971,69±0,05	1000,40±0,50	1100,10±0,25	1199,93±0,14
Distance, nm	Стандартное отклонение	0,060	0,040	0,046	0,035	0,007	0,060	0,065	0,056
	Доверительный интервал	1785,76±0,15	1580,03±0,10	1375,17±0,11	1170,20±0,09	973,98±0,02	2001,35±0,15	2045,09±0,16	2090,42±0,14
Angle, deg	Стандартное отклонение	0,0007	0,0007	0,0007	0,0004	0,0004	0,0007	0,0006	0,0006
	Доверительный интервал	10,5235 ±0,0016	23,8057 ±0,0016	37,1503 ±0,0016	50,4518 ±0,0010	63,7114 ±0,0010	78,6848 ±0,017	79,2096 ±0,0014	80,4538 ±0,0015

Таблица 2

Расчет ключевых метрологических характеристик

№ образца		№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15	Исх.
Параметры	Стандартное отклонение	0,200	0,557	0,200	0,252	0,200	0,400	0,200	0,200
	Доверительный интервал	141,60±0,50	155,50±0,50	216,10±0,50	200,47±0,63	185,00±0,50	169,40±0,99	154,00±0,50	158,90±0,50
$R_{\max}$, nm	Стандартное отклонение	2,082	0,577	1,000	1,000	2,517	1,528	1,000	1,000
	Доверительный интервал	1321,67±5,17	1256,67±1,43	1534,00±2,48	1490,00±2,48	1445,33±6,25	1400,33±3,79	1358,00±2,48	1475,00±2,48
R_z , nm	Стандартное отклонение	0,874	0,737	0,306	0,833	0,252	0,755	0,702	0,200
	Доверительный интервал	342,33±2,17	365,63±1,83	553,67±0,76	510,27±2,07	465,27±0,63	420,10±1,88	375,17±1,74	501,70±0,50
R_q , nm	Стандартное отклонение	0,404	1,400	0,361	0,404	0,351	0,569	0,351	0,985
	Доверительный интервал	188,53±1,00	202,60±3,48	271,10±0,90	255,47±1,00	238,13±0,87	222,47±1,41	206,03±0,87	230,30±2,45
Drop, nm	Стандартное отклонение	0,896	0,153	0,208	0,100	0,416	0,208	0,306	0,100
	Доверительный интервал	1299,53±0,14	1397,93±0,38	1274,93±0,52	1250,00±0,25	1224,93±1,03	1200,97±0,52	1175,63±0,76	3258,65±0,25
Distance, nm	Стандартное отклонение	0,050	0,046	0,042	0,040	0,025	0,036	0,056	0,060
	Доверительный интервал	2135,06±0,12	2186,34±0,11	1890,49±0,10	1920,21±0,10	1955,00±0,06	1990,62±0,09	2025,86±0,14	1099,75±0,15
Angle, deg	Стандартное отклонение	0,0010	0,0011	0,0011	0,0013	0,0007	0,0012	0,0011	0,0007
	Доверительный интервал	81,1110 ±0,0025	81,1082 ±0,0027	81,5640 ±0,0027	79,4002 ±0,0032	77,2017 ±0,0017	75,0557 ±0,0029	72,8523 ±0,0028	71,3514 ±0,0017

Список литературы

1. Михеев И.Д., Вахитов Ф.Х. Использование атомно-силовой микроскопии для оценки качества очистки и трибометрических свойств поверхности кремниевых пластин // Компьютерная оптика. – 2019. – №3. – С. 507-511.
2. Филонов А.С., Сушко А.Д., Яминский И.В. Руководство пользователя пакета программного обеспечения для управления сканирующим зондовым микроскопом и обработки изображений. – М.: Центр перспективных технологий, 2009. – С.58-107.

Сведения об авторах

Никитенко Дана Дмитриевна – студент кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: *nikitenko-dana@mail.ru*.

Лукашов Сергей Викторович – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: *sergelukashov@yandex.ru*.

CALCULATION OF METROLOGICAL PARAMETERS OF TRIBOSOUPLE SURFACES FOR SENSOR MICROSCOPY

D.D. Nikitenko, S.V. Lukashov

Bryansk State University named after academician I.G. Petrovsky

The paper presents a method for calculating the metrological parameters of triboconjugate surfaces for use in probe microscopy. The relevance of the study is due to the need to improve the accuracy and reproducibility of measurements of the characteristics of surfaces subjected to mechanical stress and loads. The method is based on the analysis of probe microscopy data and the metrological processing of the results.

Keywords: *probe microscopy, triboconjugate, metrological parameters, measurement accuracy, surface roughness.*

References

1. Mikheev I.D., Vakhit F.Kh. Using atomic force microscopy to assess the cleaning quality and tribometric properties of the surface of silicon wafers // Computer Optics. – 2019. – No. 3. – P. 507-511.
2. Filonov A.S., Sushko A.D., Yaminsky I.V. User's manual for the software package for controlling a scanning probe microscope and processing images. – Moscow: Center for Advanced Technologies, 2009. – P. 58-107.

About the authors

Nikitenko D.D. – student of the Department of the Chemistry, Bryansk State University named after academician I.G. Petrovsky, email: *nikitenko-dana@mail.ru*.

Lukashov S.V. – PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of the Chemistry, Bryansk State University named after academician I.G. Petrovsky, email: *sergelukashov@yandex.ru*.

УДК 544.478

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ D-ГЛЮКОЗЫ И L-СОРБОЗЫ НА Pt-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Д.Ю. Цветков, А.И. Петрова, М.В. Родионов, С.К. Смирнов, Н.В. Лакина, В.Ю. Долуда
ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.

В статье исследуется тема изучения закономерностей процессов каталитического окисления L-сорбозы и D-глюкозы. В рамках исследования проведен анализ Pt-содержащих каталитических систем для процесса окисления моносахаридов, определение приведенной скорости процесса, а также расчет кажущейся энергии активации изучаемых процессов.

Ключевые слова: каталитическое окисление, моносахариды, Pt-содержащие катализаторы.

Изучение кинетических закономерностей селективного окисления моносахаридов до альдоновых и кетокислот представляет собой важную область исследований в рамках биохимии и органической химии. Ключевым соединением в процессе окисления L-сорбозы является 2-кето-L-гулоновая кислота. Для D-глюкозы целевым продуктом окисления является D-глюконовая кислота [1-3].

В статье представлены результаты исследования каталитических свойств платиносодержащей каталитической системы, основанной на неорганических носителях с наночастицами платины. В качестве носителей использовали Al_2O_3 , SiO_2 и цеолитный носитель – ZSM-5 (Zeolite Socony Mobil-5). Также был произведен расчет скорости реакции и кажущейся энергии активации. На основе полученных результатов сделали вывод о синтезированных каталитических системах и их активности в процессе окисления моносахаридов.

Эксперимент проводили при следующих условиях: скорость подачи кислорода – 450 мл/мин, рабочая температура – 343 К, скорость перемешивания реакционной среды – 1000 об./мин, способ ввода подщелачивающего агента – периодический (1 мл каждые 30 минут), время проведения эксперимента – 180 минут.

Образцы реакционной смеси отфильтровали, содержание моносахаров в реакционной смеси определяют методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. В ходе анализа была использована хроматографическая система «Хроматэк-Кристалл ВЭЖХ 2014», снабженная рефрактометрическим детектором.

Полученные каталитические системы проанализировали методом низкотемпературной адсорбции азота при нормальной температуре кипения жидкого азота с использованием прибора Beckman Coulter SA 3100. Полученные изотермы адсорбции представлены на рисунке 1.

Исходя из данных, представленных на рисунке 1, можно сделать вывод, что все образцы имеют мезопористую структуру. ZSM-5 имеет однородное распределение пор, в основном мезопоры, без значительного количества пор сложной геометрии (рис.1a). SiO_2 демонстрирует более выраженный наклон и потенциальное формирование петли гистерезиса, что характерно для шейковых мезопор (рис.1b). Зависимость, характерная для образца Al_2O_3 указывает на наличие узкого распределения мезопор и, возможно, на их цилиндрическую форму (рис.1c).

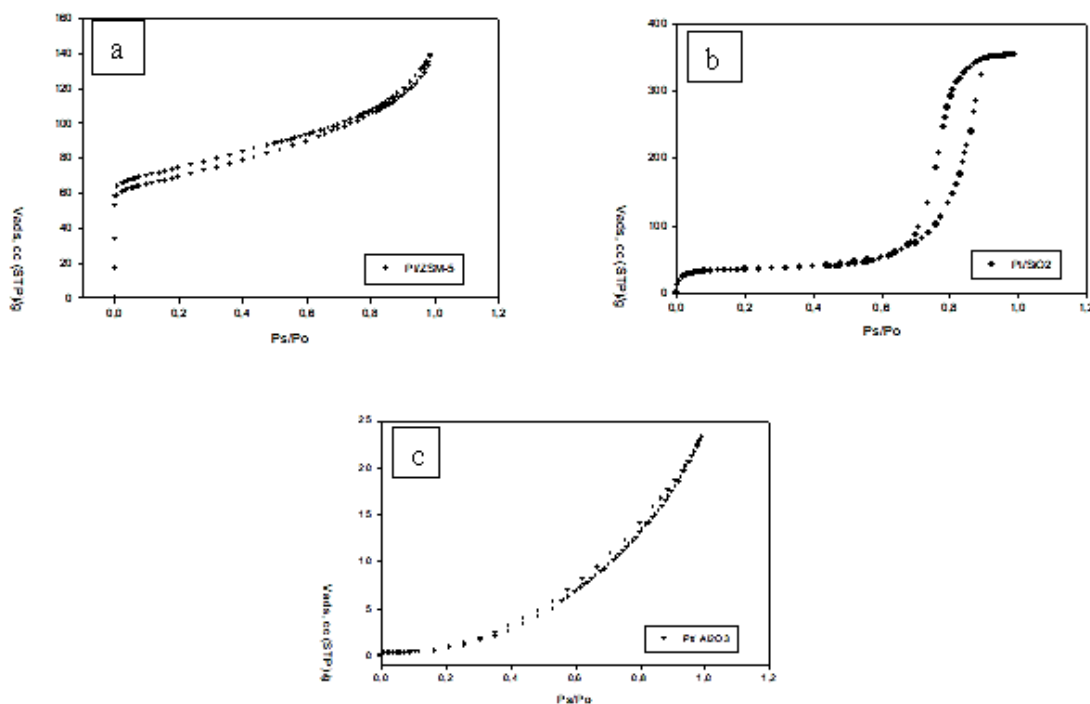


Рис. 1. Изотермы физической адсорбции азота катализаторов

Полученные данные были обработаны с применением модели БЭТ и модели t-графика. Значения удельных площадей исследуемых катализаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения удельной площади поверхности катализаторов

Образец	Удельная площадь поверхности, м ² /г	
	БЭТ	t-график
Pt/ZSM-5	202,17	118,38
Pt/SiO ₂	122,26	100,67
Pt/Al ₂ O ₃	42,54	36,88

Из таблицы 1 видно, что наибольшей удельной площадью обладает катализатор на цеолитном носителе. Площадь поверхности диоксида кремния характеризуется высокими значениями. Удельная площадь поверхности катализатора на оксиде алюминия определяется низкими значениями, что связано с высокой адсорбцией атомов платины в порах носителя.

Для процесса окисления L-сорбозы требуется максимальная площадь поверхности и доступность активных центров платины в мезопорах, поэтому Pt/SiO₂ выглядит наиболее перспективным носителем. Pt/ZSM-5 и Pt/Al₂O₃ могут обеспечить селективность за счет микропор.

Для окисления D-глюкозы подходит более мягкое окисление за счет высокой реакционной способности альдегидной группы.

Для определения кинетических параметров процесса окисления моносахаридов произвели расчет приведенной скорости процесса при 20 % конверсии субстрата, а также кажущейся энергии активации, используя температурную зависимость. Результаты представлены в таблице 2.

Полученные результаты указывают на то, что данные каталитические системы являются эффективными в процессе окисления моносахаридов. Рассчитанное значение кажущейся энергии активации согласуется со значениями, представленными в литературе [1-3], что может свидетельствовать о большом количестве активных центров, участвующих в

процессе окисления. Стоит отметить, что окисление D-глюкозы проходит наиболее благоприятно в отличие от L-сорбозы, это связано с наличием кетогруппы в молекуле L-сорбозы, селективное окисление которой требует тщательного подбора условий.

Таблица 2

Результаты расчета кинетических параметров процесса окисления моносахаридов

Субстрат	Катализатор	$W_{\text{прив}}$, моль субст. / моль Pt*мин ⁻¹	$E_{\text{каж}}$, кДж/моль
L-сорбоза	Pt/ Al ₂ O ₃ (3% Pt)	0,26	42
	Pt/ SiO ₂ (3% Pt)	0,25	45
	Pt/ ZSM-5 (3% Pt)	0,19	47
D-глюкоза	Pt/ Al ₂ O ₃ (3% Pt)	1,39	40
	Pt/ SiO ₂ (3% Pt)	1,50	39
	Pt/ ZSM-5 (3% Pt)	1,22	44

Под действием температуры и жидкой среды наночастицы платины могут укрупняться. Это снижает активную поверхность катализатора и его эффективность. Поверхность катализатора покрывается слоем «гуминоподобных» веществ – продуктов глубокой деградации сахаров. Визуально катализатор может потемнеть (от серого до черного). В агрессивных средах (при скачке значения pH) возможно частичное растворение носителя или десорбция платины в раствор.

Основной метод анализа такой системы – это ИК-спектроскопия диффузного отражения, которая позволяет увидеть адсорбированные продукты, накопившиеся на катализаторе после реакции, что и является главной причиной его дезактивации.

Методом ИК-спектроскопии было доказано наличие характерных полос для изучаемых каталитических систем, изучено изменение каталитических систем при введении активного металла в носитель, а также после проведения опытов.

Таким образом, платиносодержащие каталитические системы на неорганических носителях обладают высокой каталитической активностью и обеспечивают высокие значения селективности при окислении моносахаридов. Это обусловлено мезопористой структурой носителей. Высокая стабильность данных каталитических систем дает возможность их многократного использования без значительной потери активности.

Список литературы

1. Baker L.R., Smith, J.A. Catalytic Oxidation of Sugars: Mechanisms and Applications. // Journal of Catalysis –2018. – Vol. 361 – P. 123-134.
2. Kusema B.T., Campo B.C., Simakova P. [et al.] Selective oxidation of L-sorbose over gold supported on Al₂O₃ and TiO₂ // Journal of Catalysis. – 2012. – Vol. 294. – P. 11-22.
3. Valshonok A.D., Klushin V.A. Catalytic oxidation of L-sorbose to 2-keto-L-gulonic acid: mechanism and kinetics over Pt-Bi catalysts // Catalysis in Industry. – 2020. – Vol. 12, No. 3. – P. 245-252.

Сведения об авторах

Цветков Дмитрий Юрьевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», e-mail: dm.cwetkow@mail.ru.

Петрова Арина Игоревна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», e-mail: arinapetrova989@gmail.com.

Родионов Михаил Васильевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», e-mail: mischa.rodionov.05@mail.ru.

Смирнов Сергей Константинович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», e-mail: smirn2204@gmail.com.

Лакина Наталия Валерьевна – кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», e-mail: *lakina@yandex.ru*.

Долуда Валентин Юрьевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», e-mail: *doludav@yandex.ru*.

INVESTIGATION OF D-GLUCOSE AND L-SORBOSE OXIDATION PROCESSES ON Pt-CONTAINING CATALYSTS

D.Yu. Tsvetkov, A.I. Petrova, M.V. Rodionov, S.K. Smirnov, N.V. Lakina, V.Yu. Doluda

Tver State Technical University, Tver.

This work explores the patterns of catalytic oxidation of L-sorbose and D-glucose. The study includes an analysis of Pt-containing catalytic systems for the oxidation of monosaccharides, determination of the rate of the process, and calculation of the apparent activation energy of the studied processes.

Keywords: *catalytic oxidation, monosaccharides, Pt-containing catalysts.*

References

1. Baker L.R., Smith, J.A. Catalytic Oxidation of Sugars: Mechanisms and Applications. // Journal of Catalysis –2018. – Vol. 361 – P. 123-134.
2. Kusema B.T., Campo B.C., Simakova P. [et al.] Selective oxidation of L-sorbose over gold supported on Al₂O₃ and TiO₂ // Journal of Catalysis. – 2012. – Vol. 294. – P. 11-22.
3. Valshonok A.D., Klushin V.A. Catalytic oxidation of L-sorbose to 2-keto-L-gulonic acid: mechanism and kinetics over Pt-Bi catalysts // Catalysis in Industry. – 2020. – Vol. 12, No. 3. – P. 245-252.

About the authors

Tsvetkov D.Yu. – Master's student, Tver State Technical University, e-mail: *dm.cwetkow@mail.ru*.

Petrova A.I. – Master's student, Tver State Technical University, e-mail: *arinapetrova989@gmail.com*.

Rodionov M.V. – student, Tver State Technical University, e-mail: *mischa.rodionov.05@mail.ru*.

Smirnov S.K. – student, Tver State Technical University, e-mail: *smirn2204@gmail.com*.

Lakina N.V. – PhD in Chemistry, Associate Professor, Tver State Technical University, e-mail: *lakina@yandex.ru*.

Doluda V.Yu. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of Department, Tver State Technical University, e-mail: *doludav@yandex.ru*.

УДК 543.544

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОНО- И ДИСАХАРИДОВ МЕТОДОМ ВЭЖХ С УФ-ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ

К.А. Шугаева¹, А.В. Шугаев², С.В. Кузнецов²

¹АО «УК «Брянский машиностроительный завод»

²ФГБОУ ВО Брянский Государственный университет им. ак. И.Г. Петровского, Брянск

Для определения моно- и дисахаридов методом ВЭЖХ с УФ-детектированием предварительно проводилась дериватизация молекул фенилгидразином. Предложенный способ селективен и чувствителен для количественного определения смеси моно- и дисахаридов.

Ключевые слова: ВЭЖХ, УФ-детектирование, углеводы, лактоза, фруктоза, глюкоза, ксилоза, арабиноза, мальтоза, рамноза.

В работе проводили УФ детектирование производных углеводов после реакции с фенилгидразином [1-5]. Полученные озазоны определялись методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в режиме обращенной фазы с градиентным элюированием и спектрофотометрическим детектированием в ультрафиолетовой области. Анализ проводили на хроматографической системе Dionex Ultimate 3000, оснащенной термостатируемым отделением для колонки, дегазатором подвижной фазы и УФ-детектором [2,6-8]. Для перевода смеси углеводов в форму, пригодную для УФ-детектирования, использовали реакцию с фенилгидразином с образованием соответствующего фенилгидразона. Стандартный раствор лактозы, фруктозы, глюкозы, ксилозы, арабинозы, мальтозы и рамнозы с исходной концентрацией каждого 100 мг/л объемом 50 мл помещали в колбу с обратным холодильником. К раствору добавляли 0,4 г ацетата натрия для создания буферной среды и 0,2 г фенилгидразина в качестве реагента. Полученную смесь нагревали до кипения.

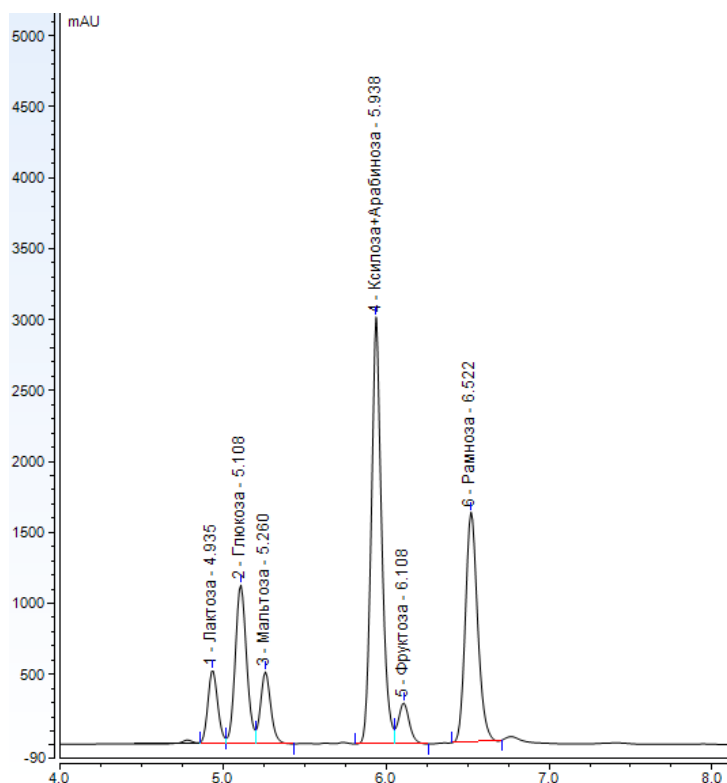


Рис. Хроматограмма смеси производных углеводов фруктозы, глюкозы, лактозы, ксилозы, арабинозы, мальтозы, рамнозы.

Разделение проводили на колонке с неполярной сорбционной фазой Acclaim™ 120 C18 с размером частиц 3 мкм, длиной 150 мм и внутренним диаметром 2,1 мм. Колонку термостатировали при температуре 30 °С. В качестве подвижной фазы использовали бинарную смесь 0,5% водного раствора муравьиной кислоты (компонент А) и ацетонитрила (компонент В). Градиентная программа элюирования была следующей: 0–2 мин – 0% В (100% А); 2–3 мин – линейный рост доли В с 5% до 15%; 3–7 мин – 10% В; 7–8 мин – возврат к начальным условиям (0% В). Общее время хроматографического цикла, включая регенерацию колонки начальным растворителем, составляло 8 минут. Скорость потока подвижной фазы поддерживали постоянной на уровне 0,5 мл/мин. Детектирование производных углеводов осуществляли при длине волны 254 нм, соответствующей максимуму поглощения образовавшегося фенилгидразона (рис).

В таблице представлены метрологические характеристики для углеводов по зависимости площади пика от концентрации.

Таблица

Метрологические характеристики производных углеводов.

Сахара	Расчет по площади, где С- концентрация, мг/л S-площадь, mAU*min	R ²	Доверительный интервал	Относительная ошибка	Время выхода в min
Глюкоза	$C=(S+1,5734)/0,3859$	0,9995	301,45±2,99	0,99%	5,108
Фруктоза	$C=(S+0,3148)/0,0568$	0,9990	300,17±2,35	0,78%	6,108
Ксилоза	$C=(S-6,4982)/0,9398$	0,9991	300,25±2,15	0,72%	5,938
Лактоза	$C=(S+1,7367)/0,1528$	0,9950	302,34±2,21	0,73%	4,935
Арабиноза	$C=(S-5,4491)/1,02$	0,9977	301,25±2,54	0,85%	5,938
Мальтоза	$C=(S-2,9146)/0,1524$	0,9992	300,71±2,37	0,81%	5,260
Рамноза	$C=(S-8,1704)/0,3936$	0,9987	300,15±2,22	0,77%	6,522

Выводы:

1. Оптимизированы условия ВЭЖХ определения производных фруктозы, глюкозы, лактозы, ксилозы, арабинозы, мальтозы, рамнозы и составлены методические рекомендации. Количественно определены производные фруктозы, глюкозы, лактозы, ксилозы, рамнозы, арабинозы и мальтозы методом ВЭЖХ с УФ-детектором в интервале концентраций (100-1000, 50-1000, 50-1000, 50-450, 50-1000, 50-500, 50-1000 мг/л, соответственно).

2. Проведена метрологическая характеристика полученных данных: расчет доверительного интервала, коэффициента аппроксимации и относительной ошибки. Показана высокая степень сходимости. Совместное количественное определение ксилозы и арабинозы невозможно.

Список литературы

1. Ruiz-Matute A.I., Hernández-Hernández O., Rodríguez-Sánchez S., Sanz M.L., Martínez-Castro I. Chromatographic techniques for the determination of monosaccharides and disaccharides in foods // *Journal of Chromatography A*. – 2011. – Vol. 1218, № 42. – P. 1226-1240.
2. Corradini C., Cavazza A., Bignardi C. A review of the analysis of sugars in food and beverages by HPLC // *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. – 2012. – Vol. 35, № 16. – P. 99-111.
3. Carbohydrate Analysis by Modern Chromatography and Electrophoresis / edited by Z. El Rassi. – Amsterdam: Elsevier Science, 2002. – 1050 p. – (Journal of Chromatography Library; vol. 66).

4. Binder H. Separation of monosaccharides by high-performance liquid chromatography: comparison of ultraviolet and refractometric detection // *Journal of Chromatography A*. – 1980. – Vol. 189, iss. 3. – P. 414-420.
5. Cataldi T.R. I., Campa C., De Benedetto G.E. Optimization of monosaccharide and disaccharide separation by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) // *Journal of Chromatography A*. – 2000. – Vol. 876, № 1-2. – P. 79–86.
6. Al-Farsi M.A., Al-Amri A.M., Al-Hadhrami R.M. Simultaneous determination of monosaccharides and disaccharides in dates using liquid chromatography–evaporative light scattering detection // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 301.
7. Гордеева Ю.А., Егорова Е.Ю., Осипенко В.П. Определение моно- и дисахаридов в пищевых продуктах методом ВЭЖХ с детектором по рассеянию света аэрозольных частиц (CAD) // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 82–90.
8. Honda S. Postcolumn derivatization for chromatographic analysis of carbohydrates // *Journal of Chromatography A*. – 1996. – Vol. 720, № 1-2. – P. 183–199.

Сведения об авторах

Шугаева Ксения Александровна – заведующий лабораторией химических методов анализа АО «УК «Брянский машиностроительный завод», e-mail: evtyuhowa.kseniya@yandex.ru.

Шугаев Андрей Валерьевич – аспирант кафедры химии ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, e-mail: passivoxid@mail.ru.

Кузнецов Сергей Викторович – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, e-mail: passivoxid@mail.ru.

DETERMINATION OF MONO- AND DISACCHARIDES BY HPLC WITH UV DETECTION

K.A. Shugaeva¹, A.V. Shugaev², S.V. Kuznetsov²

¹Bryansk Machine-Building Plant

²Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

To determine mono- and disaccharides by HPLC with UV detection, the molecules were preliminarily derivatized with phenylhydrazine. The proposed method is selective and sensitive for the quantitative determination of mixtures of mono- and disaccharides.

Keywords: HPLC, UV detection, carbohydrates, lactose, fructose, glucose, xylose, arabinose, maltose, rhamnose.

References

1. Ruiz-Matute A.I., Hernández-Hernández O., Rodríguez-Sánchez S., Sanz M.L., Martínez-Castro I. Chromatographic techniques for the determination of monosaccharides and disaccharides in foods // *Journal of Chromatography A*. – 2011. – Vol. 1218, № 42. – P. 1226-1240.
2. Corradini C., Cavazza A., Bignardi C. A review of the analysis of sugars in food and beverages by HPLC // *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. – 2012. – Vol. 35, № 16. – P. 99-111.
3. Carbohydrate Analysis by Modern Chromatography and Electrophoresis / edited by Z. El Rassi. – Amsterdam: Elsevier Science, 2002. – 1050 p. – (Journal of Chromatography Library; vol. 66).

4. Binder H. Separation of monosaccharides by high-performance liquid chromatography: comparison of ultraviolet and refractometric detection // *Journal of Chromatography A*. – 1980. – Vol. 189, iss. 3. – P. 414-420.
5. Cataldi T.R. I., Campa C., De Benedetto G.E. Optimization of monosaccharide and disaccharide separation by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) // *Journal of Chromatography A*. – 2000. – Vol. 876, № 1-2. – P. 79-86.
6. Al-Farsi M.A., Al-Amri A.M., Al-Hadhrami R.M. Simultaneous determination of monosaccharides and disaccharides in dates using liquid chromatography–evaporative light scattering detection // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 301.
7. Gordeeva Yu.A., Egorova E.Yu., Osipenko V.P. Determination of mono- and disaccharides in food products by HPLC with aerosol particle chromatography (CAD) detector // *Nutrition issues*. – 2017. – Vol. 86, No. 5. – P. 82-90.
8. Honda S. Postcolumn derivatization for chromatographic analysis of carbohydrates // *Journal of Chromatography A*. – 1996. – Vol. 720, № 1-2. – P. 183-199.

About the authors

Shugaeva K.A. – Head of the Chemical Analysis Laboratory, Bryansk Machine-Building Plant Management Company, JSC, e-mail: *evtyuhowa.kseniya@yandex.ru*.

Shugaev A.V. – Postgraduate Student, Chemistry Department, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *passivoxid@mail.ru*.

Kuznetsov S.V. – PhD in Chemistry, Associate Professor, Chemistry Department, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *passivoxid@mail.ru*.

ПЕДАГОГИКА

УДК 372.851

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ
ЧИСЛОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В 9 КЛАССЕ

И.С. Савченко, Е.Г. Родикова

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В статье рассматриваются возможные способы реализации технологии проблемного обучения при изучении свойств числовой последовательности (монотонности, ограниченности, сходимости) в 9 классе. Авторы рассказывают о возрастных особенностях школьников, которые делают данный подход эффективным, а также дают рекомендации о применении проблемного подхода к изучению темы «Числовые последовательности».

Ключевые слова: *числовая последовательность, проблемное обучение, монотонность, ограниченность, сходимость, методика преподавания математики.*

Понятие «числовая последовательность» занимает особое место в школьном курсе математики. Без прочного усвоения данной темы последующее изучение пределов, производных и интегралов становится формальным. Несмотря на важность понятия числовая последовательность, его изучение неизменно вызывает у учащихся трудности. Именно поэтому пропедевтика начинается задолго до введения точного определения понятия: в дошкольный период ребёнка учат располагать объекты по возрастанию размера, в начальной школе ребёнок учится располагать натуральные числа в порядке возрастания (убывания), затем его учат видеть закономерность в ряду чисел и продолжать этот ряд, не нарушая закономерности; к 9 классу, когда наступит основной этап изучения понятия последовательности, у учащихся уже сформировано интуитивное понимание последовательности как конечного или бесконечного ряда чисел или предметов, в котором каждый элемент имеет свой порядковый номер. Необходимым условием успешного усвоения понятия последовательность является прочное усвоение учащимися понятия функции и её свойств, уверенное владение учащимся навыками работы с алгебраическими выражениями, тождественными преобразованиями выражений, умение работать с текстовой задачей, решать различные виды уравнений, неравенств и их систем.

Также в 9 классе школьники часто теряют интерес к учебе. Это связано с возрастными особенностями. Как утверждают Бабкова А. А. и Селиванова И. В. в [4], проблемное обучение помогает сформировать устойчивую внутреннюю мотивацию у школьников. Центральным понятием здесь является проблемная ситуация, которая состоит из неизвестного знания, познавательной потребности и соответствия задания возможностям ученика.

При реализации идей проблемного обучения от учителя требуется не только помочь учащимся осознать существование проблемы, но и подготовить их к её самостоятельному разрешению через грамотно организованную актуализацию знаний, через серию наводящих вопросов. На этапе поиска решения можно включить учащихся в групповую работу: прорывные идеи часто рождаются в условиях «мозгового штурма» участников группы. Рассмотрим, как через создание проблемных ситуаций, включить учащихся 9 класса в активное изучение свойств последовательности.

1. Монотонность последовательностей.

На этапе актуализации знаний перед введением понятия монотонных последовательностей учителю следует вспомнить с учащимися определение последовательности: числовая последовательность – это *функция* натурального аргумента, а значит, как и функция, она обладает разными свойствами. При введении свойств последовательностей важно обращаться за помощью к учащимся, ведь терминология

возрастающая (убывающая), ограниченная (сверху, снизу) функция им известны, а значит, они могут «открывать» новые знания сами.

После того, как учащиеся сформулируют определения возрастающей и убывающей последовательностей (последовательность возрастает (убывает), если каждый следующий член больше (меньше) предыдущего), учитель предлагает решить пример-образец: исследовать на монотонность последовательность $a_n = 2n + 3$. Приведём серию наводящих вопросов, которые могут быть использованы учителем:

Учитель: Что нужно сделать в первую очередь? (Найти $n+1$ -й член последовательности.)

Учитель: Как найти $(n+1)$ -ый член последовательности? (Подставить в формулу вместо n $n+1$.)

Оформляет решение на доске: $a_{n+1} = 2(n+1) + 3 = 2n + 5$.

Учитель: Что нужно сделать теперь? (Нужно сравнить a_n и a_{n+1} .)

Учитель: Что получаем в результате сравнения? ($a_n < a_{n+1}$ при всех натуральных n .)

Учитель: Какой вывод из этого делаем? (Последовательность возрастает по определению.)

Далее учитель предлагает учащимся разбиться на микрогруппы (2-4 человека) и попробовать исследовать на монотонность по определению следующие последовательности:

$$b_n = -8^n, c_n = \left(\frac{1}{2}\right)^n, d_n = \frac{5n+2}{n+4}, f_n = \frac{3^n}{n!}, z_n = (-1)^n.$$

По истечению отведённого времени (до 10 минут) учитель спрашивает, все ли последовательности удалось исследовать на монотонность по определению? С какими последовательностями возникли трудности? При исследовании последовательностей d_n, f_n, z_n у учащихся возникают трудности. Тогда учитель предлагает записать эквивалентные варианты неравенства, используемого для определения характера монотонности последовательности: через разность и частное (при отсутствии нулевых элементов). Теперь школьники могут исследовать на монотонность последовательности d_n, f_n , (двое учащихся от разных микрогрупп оформляют решение на доске), но последовательность z_n по-прежнему вызывает трудности.

Учитель: А какой ещё способ исследования функции на монотонность мы знаем? (Графический.)

Учитель: Помним, что последовательность – это функция. А значит, мы можем исследовать на монотонность графическим способом. Давайте построим график последовательности z_n с координатами $(n, f(n))$ (см. рис. 1).

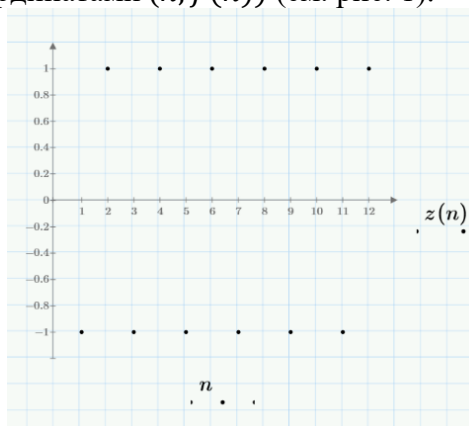


Рис. 1. Построение последовательности через PTC MathCad Prime 3.0

Учитель: Сделайте вывод о характере монотонности последовательности, исходя из этого графика. (Последовательность не является монотонной, ее график скачкообразный.)

Для отработки умения выбирать наиболее подходящий способ для исследования последовательности на монотонность учащимся предлагается определить монотонность

нескольких последовательностей удобным способом и обосновать свой ответ (при вызове учащегося учитель может предложить ему выбрать любую последовательность):

$$x_n = 3n^2 + 2n - 5$$

$$y_n = \frac{2^n}{n!}$$

$$z_n = \frac{4n - 3}{n + 1}$$

$$u_n = (-4)^n$$

После решения примеров учащиеся формулируют выводы: при исследовании последовательностей на монотонность используют способы:

- аналитический (через разность) – удобен для дробей и многочленов;
- аналитический (через частное) – удобен для дробей, факториалов и степенных выражений (все члены последовательности одного знака!)
- графический используется в случае знакопередающей последовательности, а также той, график которой удобно построить.

2. Ограниченность последовательностей.

При изучении ограниченных последовательностей учителю также следует актуализировать знания учащихся об ограниченных функциях. После того, как учащиеся приходят к выводу, что последовательность называется ограниченной сверху (снизу), если все ее члены меньше (больше) какого-то числа; ограниченная последовательность – последовательность, ограниченная и сверху, и снизу (все члены находятся внутри какого-либо промежутка), учитель предлагает исследовать на ограниченность последовательности: $x_n = \frac{1}{n}$, $z_n = (-1)^n$, $y_n = n$.

Учитель: Есть ли у вас идеи, как можно выполнить это задание, как мы поступали, когда исследовали на ограниченность какую-либо функцию? (Учащиеся предлагают построить график последовательности или изобразить члены последовательностей на координатной прямой (см. рис. 2.)

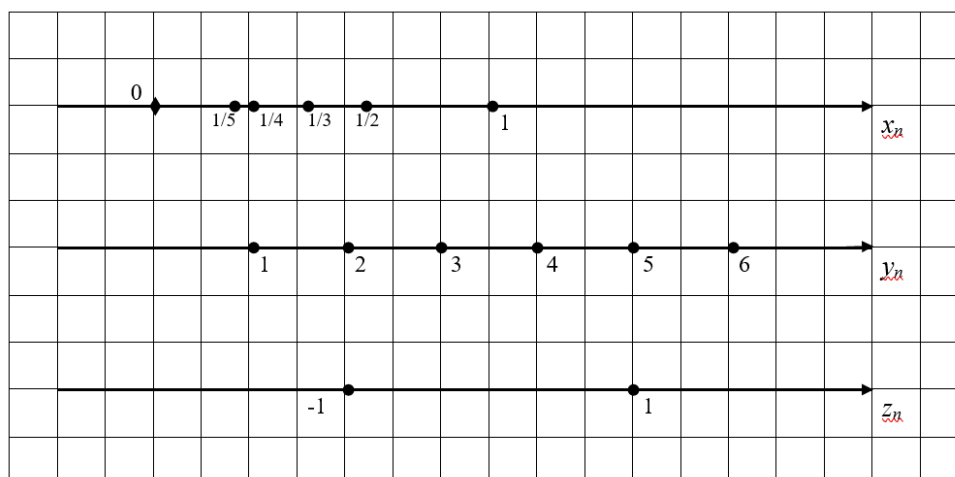


Рис. 2.

Учитель: Какие выводы из построенных графиков вы можете сделать? (Все члены последовательности x_n лежат между 0 и 1. Все члены последовательности z_n лежат между -1 и 1. А члены последовательности y_n ограничены только снизу 1.)

Далее учитель предлагает исследовать на ограниченность последовательность $a_n = \frac{n+3}{n+6}$.

Учитель: Что представляет собой n -ый член последовательности? (Неправильная дробь) Выделите целую часть этой дроби.

Оформляет решение на доске: $a_n = \frac{n+3}{n+6} = 1 - \frac{3}{n+6}$. После этого учащиеся наносят на координатную прямую несколько первых элементов последовательности, а учитель может вывести на доску график последовательности - точки с координатами (n, a_n) .

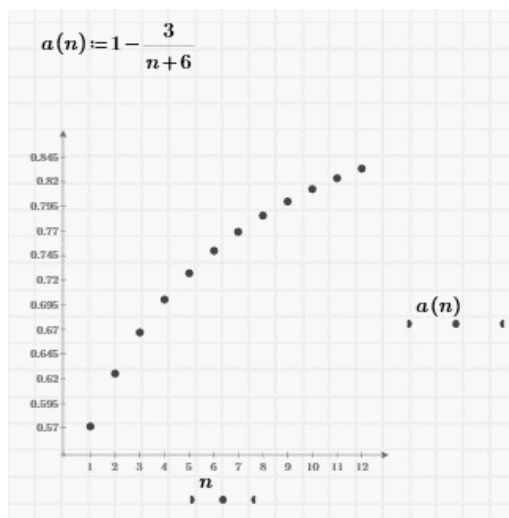


Рис. 3.

Из данного графика (рис. 3) можно сделать вывод о том, что данная последовательность ограничена $\frac{4}{7} \leq a_n < 1$.

Учитель: Вы заметили, что построение графика хоть и эффективно, но не всегда удобно. Построение графика последовательности может вызвать сложности. Давайте подумаем, как эту последовательность исследовать на ограниченность аналитически. У кого есть идеи как это сделать? (Можно попробовать выполнить оценку n -го члена.)

Учитель: Начнем оценивать n -ый член последовательности с дроби $\frac{3}{n+6}$:

Так как $n \geq 1$, то $n + 6 \geq 7 \Rightarrow 0 < \frac{1}{n+6} \leq \frac{1}{7} \Rightarrow 0 < \frac{3}{n+6} \leq \frac{3}{7} \Rightarrow$

$-\frac{3}{7} \leq -\frac{3}{n+6} < 0 \Rightarrow 1 - \frac{3}{7} \leq 1 - \frac{3}{n+6} < 1 \Rightarrow \frac{4}{7} \leq 1 - \frac{3}{n+6} < 1 \Rightarrow \frac{4}{7} \leq a_n < 1$.

Учитель: Какой вывод мы можем сделать из данного неравенства? (Последовательность ограничена числами $\frac{4}{7}$ и 1.)

Далее учитель предлагает учащимся определить ограниченность последовательности $a_n = \frac{(-1)^n}{n}$. Учитель предлагает вспомнить определение ограниченности (с модулем) и исследовать последовательность с его помощью.

Учащиеся: Последовательность ограничена, если найдётся такое число M , что при всех натуральных n выполняется $|a_n| \leq M$.

Учитель вызывает ученика к доске.

Ученик записывает решение на доске: $|a_n| = \left| \frac{(-1)^n}{n} \right| = \frac{1}{n}$.

Так как $n \geq 1$, то $|a_n| = \frac{1}{n} \leq 1$.

Ученик: Таким образом, последовательность ограничена.

Вместе с учителем учащиеся приходят к выводу, что для исследования последовательностей на ограниченность используют:

- Графический способ.
- Аналитический способ: при работе с дробно-рациональными выражениями удобнее использовать аналитический способ (через неравенство); при наличии $(-1)^n$ удобнее использовать аналитический способ (с помощью модуля);

3. Сходимость последовательностей.

Свойство сходимости последовательности – новое для учащихся, оно не имеет аналогов среди ранее изученных ими свойств функций на более ранних этапах обучения. Учащиеся уже не могут сформулировать определение сходящейся последовательности по аналогии, как это было с монотонностью и ограниченностью. Точное определение сходящейся последовательности вызывает трудности для усвоения даже студентами первых курсов вузов. Поэтому, на наш взгляд, от школьников важно добиться интуитивного понимания сходимости, в основе которого лежит геометрический смысл этого понятия.

Для создания проблемной ситуации учитель может предложить школьникам рассмотреть несколько последовательностей, отметить их члены на координатной прямой.

Примеры последовательностей: $x_n = \frac{1}{n}$, $y_n = n$, $z_n = (-1)^n$ (см. рис. 2).

Учитель: Что вы можете сказать о расположении членов данных последовательностей? (Члены последовательности x_n приближаются к 0, члены последовательности y_n разбегаются по всей числовой прямой, а члены последовательности z_n сосредоточены в двух точках: 1 и -1.)

Учитель: Все верно. Члены последовательности x_n приближаются к 0. Но никогда его не достигают. Следовательно, мы можем сказать, что последовательность сходится в точке 0. Это свойство называется свойством сходимости. А число, к которому сходятся члены последовательности, называют пределом последовательности. В нашем случае пределом последовательности является 0.

Если рассматривать последовательность с геометрической точки зрения, то можно сказать, что она сходится к некоторому числу a , если все ее элементы, начиная с некоторого номера, находятся сколь угодно близко к точке a . Получаем, что с увеличением номера, расстояние между элементом последовательности и ее пределом все время уменьшается (стремится к 0).

Две другие последовательности «точки сгущения» не имеют. Значит, они расходятся.

В 9 классе, на наш взгляд, для понимания свойства сходимости достаточно геометрического образа. В профильных математических классах после этого образа возможно ввести точное определение предела последовательности в терминах $\varepsilon - N$.

Примеры заданий из учебников математики для отработки рассмотренных свойств

1. Монотонность последовательностей.

№665. [3]

Докажите, что последовательность (a_n) , где $a_n = \frac{5n-1}{n+2}$, является возрастающей. Изобразите на координатной плоскости первые четыре члена этой последовательности.

№ 437. [2]

Последовательность задана формулой n -го члена:

а) $a_n = \frac{3n+5}{2n-1}$;

б) $b_n = \frac{2n+1}{3n-5}$;

в) $x_n = \frac{3n-5}{2n-1}$;

г) $y_n = \frac{4n-1}{3n-2}$.

Является ли последовательность возрастающей, убывающей?

№386. [1]

Докажите, что последовательность (y_n) является убывающей:

а) $y_n = -2n - 3$;

б) $y_n = -3n + 4$;

в) $y_n = 4 - 5n$;

г) $y_n = -n + 8$.

№37.51. [5]

Исследуйте на монотонность последовательность:

а) $y_n = -2n + 1$;

б) $y_n = 3n^2 + n - 1$;

в) $y_n = \cos \frac{1}{n}$;

г) $y_n = \frac{n}{n^2+1}$.

2. Ограниченность последовательностей.

№681. [3]

Является ли ограниченной последовательность (a_n) , если:

а) $a_n = -\frac{1}{3} \cdot 6^n$;

б) $a_n = \frac{(-1)^n}{n+5}$;

в) $a_n = \frac{n}{4n+1}$;

г) $a_n = 6 \cdot \left(-\frac{1}{3}\right)^n$;

д) $a_n = \frac{(-1)^{n+1}n}{n+1}$;

е) $a_n = \frac{(-1)^n - (-1)^{n+1}}{n}$?

№435. [2]

Последовательность задана формулой n-го члена:

а) $a_n = (-2)^n$;

б) $b_n = 2 \cdot (-1)^n$;

в) $c_n = n \cdot (-1)^n$;

г) $u_n = \left(-\frac{1}{2}\right)^n$;

д) $x_n = 2 + (-1)^n$;

е) $y_n = (-1)^n$.

Покажите, что она не является монотонной. Какие из приведенных последовательностей являются ограниченными?

№22.5. [1]

Докажите, что последовательность не является ограниченной, если:

а) $a_n = 3n - 1$;

б) $b_n = n^2 - 111n - 1$;

в) $a_n = 15n - \frac{1000}{n}$;

г) $b_n = \frac{(-1)^{n^2+3}}{2000n}$.

№37.42. [5]

Является ли ограниченной сверху последовательность:

а) $x_n = \frac{(-1)^{n+1}}{n}$;

б) $1, -1, 1, -2, 1, -3, \dots$;

в) $x_n = \frac{n^2-1}{n^2+2}$;

г) $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{4}{5}, \dots$?

3. Сходимость последовательностей.

№812. [3]

К какому числу сходится последовательность, если:

а) $c_n = 2 + \frac{1}{n+3}$;

б) $c_n = \frac{3n+5}{n+2}$;

в) $c_n = \frac{1}{\sqrt{n}}$?

№38.5. [5]

Укажите номер n_0 члена последовательности (x_n) , начиная с которого все члены последовательности попадут в окрестность точки a радиуса r :

а) $x_n = \frac{1}{2n}, a = 0, r = 0,1$;

б) $x_n = 3 + \frac{1}{n^2}, a = 3, r = 0,2$;

в) $x_n = 1 + \frac{2}{n^2}, a = 1, r = 0,01$;

г) $x_n = -\frac{3}{n}, a = 0, r = 0,1$.

Технология проблемного обучения не отменяет выполнения упражнений, формул, объяснений учителя. Но она меняет главное: ученик перестает быть пассивным слушателем на уроке. Он сам добывает новые знания. Такой подход повышает качество знаний и помогает сохранить интерес подростка к предмету.

Список литературы

1. Алгебра. 9 класс: В 2 ч. Ч. 2: Задачник для общеобразоват. организаций / А.Г. Мордкович, Т.Н. Мишустина, Е.В. Тульчинская. 7-е изд., перераб. – М.: Мнемозина, 2005. – 155 с.
2. Алгебра. 9 класс: учеб. для общеобразоват. организаций / С. М. Никольский, М. К. Потапов, Н. Н. Решетников, А. В. Шевкин. – М.: Просвещение, 2017. – 335 с. – (МГУ – школе).
3. Алгебра. 9 класс: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: углубл. уровень / Ю. Н. Макарычев, Н. Г. Миндюк, К. И. Нешков, И. Е. Феоктистов. – М.: Просвещение, 2018. – 400 с.
4. Бабкова А. А., Селиванова И. В. Применение технологии проблемного обучения при изучении числовых последовательностей // Образовательная социальная сеть elibrary.ru – 2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65287648>.
5. Математика: алгебра и начала математического анализа, 10 класс: базовый и углубленный уровни: учебник. В 2 ч. / Мордкович А.Г., Семенов П.В. – М.: Мнемозина, 2020.

Сведения об авторах

Савченко Ирина Сергеевна – студент кафедры математического анализа, алгебры и геометрии, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: s4vchenko.irina@yandex.ru.

Родикова Евгения Геннадьевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа, алгебры и геометрии, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: evheny@yandex.ru.

IMPLEMENTATION OF PROBLEM-BASED LEARNING IN STUDYING THE PROPERTIES OF NUMBER SEQUENCES IN THE 9TH GRADE

I.S. Savchenko, E.G. Rodikova

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

The article discusses possible ways to implement problem-based learning technology when studying the properties of number sequences (monotonicity, boundedness, convergence) in the 9th grade. The authors describe the age-specific characteristics of schoolchildren that make this approach effective and provide recommendations on applying the problem-based approach to studying the topic «Number Sequences».

Keywords: number sequence, problem-based learning, monotonicity, boundedness, convergence, methods of teaching mathematics.

References

1. Algebra. 9th grade: In 2 parts, Part 2: Problem book for general education institutions / A.G. Mordkovich, T.N. Mishustina, E.V. Tulchinskaya. 7th ed., revised. – M.: Mnemosina, 2005. – 155 p.
2. Algebra. 9th grade: textbook for general education institutions / S. M. Nikolsky, M. K. Potapov, N. N. Reshetnikov, A. V. Shevkin. – M. : Prosveshchenie, 2017. – 335 p. – (MSU – school).
3. Algebra. 9th grade: textbook for general education institutions: advanced level / Yu. N. Makarychev, N. G. Mindyuk, K. I. Neshkov, I. E. Feoktistov. – M. : Prosveshchenie, 2018. – 400 p.
4. Babkova, A. A., Selivanova, I. V. Application of problem-based learning technology in studying number sequences // Educational social network elibrary.ru – 2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65287648>
5. Mathematics: algebra and fundamentals of mathematical analysis, 10th grade: basic and advanced levels: textbook. In 2 parts / Mordkovich, A.G., Semenov, P.V. – M.: Mnemosina, 2020.

About authors

Savchenko I.S. – student of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: s4vchencko.irina@yandex.ru.

Rodikova E.G. – PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate professor of the Department of Mathematical analysis, algebra and geometry, Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovsky, e-mail: evheny@yandex.ru.

**ТРЕБОВАНИЯ
К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ
ПУБЛИКАЦИИ В РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОННОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ
«УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»
(«УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ БГУ»)**

Требования к содержанию статей.

В журнале «Ученые записки БГУ» публикуются статьи теоретического и прикладного характера, содержащие оригинальный материал исследований автора (соавторов), ранее нигде не опубликованный и не переданный в редакции других журналов. Материал исследований должен содержать научную новизну и/или иметь практическую значимость. К публикации принимаются только открытые материалы на русском, английском или немецком языках. Статьи обзорного, биографического характера, рецензии на научные монографии и т.п. пишутся, как правило, по заказу редколлегии журнала.

Требования к объему статей.

Полный объем статьи, как правило, не должен превышать 1 Мб, включая иллюстрации и таблицы.

Общие требования к оформлению статей.

Статьи представляются в электронном виде, подготовленные с помощью текстового редактора Microsoft Word (Word 97/2000, Word XP/2003) и разбитые на страницы размером А4. См. образец с настроенными стилями.

Все поля страницы – по 2 см, верхний и нижний колонтитулы – по 1,5 см. Текст набирается шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал - одинарный, красная строка (абзац) - 1,25 см, выравнивание по ширине, включен режим принудительного переноса в словах. Страницы не нумеруются.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующее упоминание в конце статьи.

К статье должна быть приложена авторская справка, содержащая следующую информацию по каждому автору: фамилию, имя, отчество (при наличии), научную степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес места работы (домашний адрес указывать недопустимо), контактный телефон – рабочий или сотовый (домашний телефон указывать недопустимо), e-mail, согласие на обработку указанных данных и размещение их в журнале. См. образец авторской справки.

В статье следует использовать только общепринятые сокращения.

Редакция не принимает к рассмотрению рукописи статей, оформленные не по установленным правилам.

Требования к структуре статей.

Статья формируется из отдельных структурных составляющих в следующей последовательности:

- 1) первая строка: номер УДК (стиль «УДК»);
- 2) вторая строка: название статьи (стиль «Название»);
- 3) пропустив одну строку: фамилии и инициалы авторов (стиль «Автор»);
- 4) наименование организации(й), которую представляют авторы (стиль «Организация»);
- 5) пропустив одну строку: аннотация на русском языке (стиль «Аннотация»);
- 6) ключевые слова (стиль «Ключевые слова»);
- 7) пропустив одну строку: основной текст статьи (стиль «Текст») с иллюстрациями (стиль «Подписуночная надпись») и таблицами (стили «Номер таблицы» и «Название таблицы»);
- 8) пропустив одну строку: список литературы (стили «Список литературы» и «Источники»);
- 9) пропустив одну строку: сведения об авторах (стили «Об авторах» и «Сведения»);

- 10) пропустив одну строку: название статьи на английском языке (стиль «Название»);
- 11) пропустив одну строку: фамилии и инициалы авторов на латинице (стиль «Автор»);
- 12) наименование организации(й), которую представляют авторы, на латинице (стиль «Организация»);
- 13) пропустив одну строку: аннотация на английском языке (стиль «Аннотация»);
- 14) ключевые слова на английском языке (стиль «Ключевые слова»);
- 15) пропустив одну строку: список литературы на английском языке (стиль «Список литературы» и «Источники»);
- 16) пропустив одну строку: сведения об авторах на английском языке (стили «Об авторах» и «Сведения»).

Указанные структурные составляющие статьи являются обязательными.

Требования к оформлению структурных составляющих статей.

Аннотация на русском языке, в которой отражается краткое содержание статьи, должна иметь объем, как правило, не более 8 строк. Аннотация на английском языке должна содержать не менее 100-250 слов, быть информативной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований) и оригинальной (не быть калькой аннотации на русском языке).

Количество ключевых слов на русском и английском языках не должно превышать 15 слов (для каждого языка).

Оптимальной считается следующая структура статьи: «Введение» с указанием актуальности и цели научной работы, «Постановка задачи», «Результаты», «Выводы или заключение», «Литература», «Приложение». В «Приложении» при необходимости могут приводиться математические выкладки, не вошедшие в основной текст статьи и иной вспомогательный материал). В тексте статьи допускается использование систем физических единиц СИ (предпочтительно) и/или СГСЭ. В обязательном порядке статья должна завершаться выводами или заключением.

Все иллюстрации и таблицы – не редактируемые файлы в формате jpg, которые должны быть вставлены в текст. Дополнительно иллюстрации прилагаются отдельными файлами в формате jpg. Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания не допускаются. Все рисунки и чертежи выполняются четко, в формате, обеспечивающем ясность понимания всех деталей; это особенно относится к фотокопиям и полутонным рисункам. Рисунки, выполненные карандашом, не принимаются. Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы. Язык надписей на рисунках (включая единицы измерения) должен соответствовать языку самой статьи. Поясняющие надписи следует по возможности заменять цифрами и буквенными обозначениями, разъясняемыми в подписи к рисунку или в тексте. Авторов, использующих при подготовке рисунков компьютерную графику, просим придерживаться следующих рекомендаций: графики делать в рамке; штрихи на осях направлять внутрь; по возможности использовать шрифт Times New Roman; высота цифр и строчных букв должна соответствовать высоте букв в тексте статьи.

Формулы должны быть набраны только в редакторе формул (Microsoft Equation). Высота шрифта 12 pt, крупных индексов – 8 pt, мелких индексов – 5 pt, крупных символов – 18 pt, мелких символов – 12 pt. Формулы, внедренные как изображение, не допускаются! Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться. Векторные величины выделяются прямым полужирным шрифтом. Все сколько-нибудь громоздкие формулы выносятся на отдельные строки. Формулы должны быть вставлены по центру в таблицу с невидимыми контурами, состоящей из двух колонок. Левая широкая колонка используется для размещения самой формулы, а правая узкая колонка – для номера формулы. Номер формулы ставится в скобках и располагается по

центру ячейки таблицы. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки в тексте статьи.

В список литературы включаются только те источники, на которые в тексте статьи имеются ссылки. Желательно шире использовать иностранные источники. Список формируется либо в порядке цитирования, либо в алфавитном порядке (вначале источники на русском языке, затем на иностранных языках). Ссылки на литературу по тексту статьи необходимо давать в квадратных скобках. Библиографические описания цитируемых источников в списке литературы оформляются в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. Список литературы должен быть продублирован на латинице (см. Написание русских символов латиницей). Рекомендации по представлению ссылок в списке литературы на латинице, удовлетворяющего требованиям поисковых систем международных баз данных, – см. Представление источников на латинице.

Сведения об авторах должны включать следующую информацию (на русском и английском языках): фамилию и инициалы автора, ученую степень и ученое звание (при их наличии), должность с указанием места работы (полное название организации, без сокращения), адрес электронной почты. В англоязычном варианте желательно (но не обязательно) также привести дополнительную информацию, в частности, указать дату рождения, назвать законченные учебные заведения и полученные в них научные степени или квалификацию, указать область научных интересов и др.

Требования к составу присылаемого в редакцию комплекта документов.

В комплект документов, присылаемых в редакцию журнала, должны входить:

1) файл с расширением .doc, содержащий полностью подготовленную к публикации согласно вышеперечисленным требованиям журнала статью (включая размещенные в ее тексте рисунки), название которого складывается из фамилий всех авторов (например, «Иванов И.И., Петров П.П.doc»);

2) файлы с расширением .jpg, содержащие по одному рисунку статьи, название которых соответствует номерам рисунков (например, «Рисунок 01.jpg»);

3) файлы с расширением .pdf, содержащие по одной авторской справке с подписью автора, название которых соответствует фамилии автора (например, «Иванов И.И.doc»).

К статьям, выполненными аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если научный руководитель не входит в число соавторов данной статьи).

Каждая статья в обязательном порядке проходит процедуру закрытого рецензирования. Порядок рецензирования установлен документом «Порядок рецензирования рукописей». По результатам рецензирования редколлегия оставляет за собой право либо вернуть автору статью на доработку, либо отклонить ее публикацию в журнале.

Редакция журнала оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

В опубликованной статье указывается дата поступления рукописи статьи в редакцию. В случае существенной переработки рукописи статьи указывается дата получения редакцией окончательного текста статьи.

Статьи публикуются бесплатно.

Все материалы отправлять по адресу:

241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, д.20, каб. 101

Телефон: +7(4832)58-91-71, доб. 1083

E-mail: uz_bgu@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей можно посмотреть на официальном сайте журнала: <http://www.scim-brgu.ru>

СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
/ НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Учредитель и издатель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации выдано
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
Эл № ФС77-62799 от 18.08.2015

Адрес учредителя:

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
241036, г. Брянск, Бежицкая, 14

Адрес редакции и издателя:

РИСО ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
241036, г. Брянск, Бежицкая, 20

Дата размещения сетевого издания в сети Интернет на официальном сайте <http://scim-brgu.ru> – 01.07.2026