

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL
JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL
RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,593

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,299

№ 4 2025

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н. Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR

Natalia Stukova

Senior Director and Publisher

Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –
головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,593.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,299.

Учредитель, издатель и редакция:

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-705-72-30

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Е.Н. Доронкина

Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать – 30.04.2025

Дата выхода номера – 30.05.2025

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространяется по свободной цене

Усл. печ. л. 7,5

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2025/4

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЙКИЛОТЕРМНЫХ
ЖИВОТНЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО
ЗАПОВЕДНИКА КАРАТАЛ-ЖАПЫРЫК

Карипова Н.Т., Калдыбаев Б.К., Эралиева Н.М. 7

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АДАПТОГЕННОГО ЭФФЕКТА
ЭКСТРАКТА ПАНТОВ МАРАЛА В УСЛОВИЯХ
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СТРЕССА

*Жукова О.Б., Зайцев К.В., Гостюхина А.А., Дорошенко О.С.,
Ярцев В.В., Степанова А.М., Гамеева Е.В.* 13

ОСОБЕННОСТИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ
У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

*Сингур В.В., Кадырова К.В., Балацкая Е.В., Андреев Е.А.,
Сингх М., Кувишинов Д.Ю.* 19

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ТОНЗИЛЛИТА И СИНУСИТА
НА ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГЕМОРРАГИЧЕСКОГО ВАСКУЛИТА

Нарматова К.К., Шабданбаева Н.Б., Бакиева К.К. 23

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

АРХИТЕКТУРНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ
ИНТЕГРАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С СИСТЕМАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

Буряков А.А. 28

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Вотякова Л.Р., Александрова Л.А. 33

СРАВНЕНИЕ ПРОТОКОЛОВ FILE TRANSFER PROTOCOL
И HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL ПРИ ПЕРЕДАЧЕ
ФАЙЛОВ В СЕТИ С ПОМЕХАМИ

Макушин А.В., Синявина А.П. 38

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

ПРОГРАММА «РЕЗОЛЬВЕНТА» – СРЕДСТВО ОБСЧЕТА
ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИХ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЛЕКАРСТВ

Мирошниченко И.И., Иванов А.Н., Кузьмин И.И., Писковой Р.А. 43

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВИДОВ
БОЯРЫШНИКА, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Прибыткова Л.Н., Душкин А.В. 48

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**НАУЧНЫЙ ОБЗОР**

ОТКРЫТАЯ КВАНТОВАЯ СИСТЕМА ПОВЕРХНОСТНОГО
СЛОЯ АТОМНО-ГЛАДКИХ МЕТАЛЛОВ

Юров В.М., Гончаренко В.И., Олешко В.С., Жангозин К.Н. 54

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLE

THE MORPHOMETRIC FEATURES OF POIKILOTHERMIC
ANIMALS OF THE KARATAL-ZHAPYRIK STATE NATURE RESERVE

Karipova N.T., Kaldybaev B.K., Eralieva N.M. 7

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ADAPTOGENIC
EFFECT OF MARAL ANTLER EXTRACT UNDER
CONDITIONS OF MULTICOMPONENT STRESS

*Zhukova O.B., Zaitsev C.V., Gostyuhina A.A., Doroshenko O.S.,
Yartsev V.V., Stepanova A.M., Gameeva E.V.* 13

FEATURES OF EMOTIONAL BURNOUT AMONG MEDICAL
STUDENTS OF VARIOUS FIELDS OF STUDY

*Singur V.V., Kadyrova K.V., Balatskaya E.V.,
Andreev E.A., Singkh M., Kuvshinov D.Yu.* 19

THE EFFECT OF CHRONIC TONSILLITIS AND SINUSITIS
ON THE COURSE OF HEMORRHAGIC VASCULITIS

Narmatova K.K., Shabdanbayeva N.B., Bakieva K.K. 23

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

ARCHITECTURAL APPROACHES TO THE MODERNIZATION
OF INTEGRATION MODULES FOR INTERACTION WITH
TECHNICAL SUPPORT SYSTEMS

Buryakov A.A. 28

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM
FOR RECOGNIZING HUMAN BONE FRACTURES

Votyakova L.R., Alexandrova L.A. 33

COMPARISON OF FILE TRANSFER PROTOCOL AND
HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL FOR FILE TRANSFER
IN A NETWORK WITH INTERFERENCE

Makushin A.V., Sinyavina A.P. 38

PHARMACEUTICAL SCIENCES**ARTICLES**

THE RESOLVENTA PROGRAM IS A TOOL FOR CALCULATING
PHARMACOKINETIC DATA AND COMPARING THEM WITH
SIMILAR PROGRAMS.

Miroshnichenko I.I., Ivanov A.N., Kuzmin I.I., Piskovoy R.A. 43

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT
ACTIVITY OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF POORLY
STUDIES OF HAWTHORN CULTIVATED IN WESTERN SIBERIA

Pribytkova L.N., Dushkin A.V. 48

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES**REVIEW**

OPEN QUANTUM SYSTEM OF THE SURFACE LAYER
OF ATOMIC-SMOOTH METALS

Yurov V.M., Goncharenko V.I., Oleshko V.S., Zhangozin K.N. 54

СТАТЬЯ

УДК 599.311:639.1.055.36

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПОЙКИЛОТЕРМНЫХ ЖИВОТНЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА КАРАТАЛ-ЖАПЫРЫК**

¹Карипова Н.Т., ²Калдыбаев Б.К., ¹Эралиева Н.М.

¹*Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек,
e-mail: naky75@mail.ru, ernur.2299@mail.ru;*

²*Иссык-Кульский государственный университет им. Тыныстанова, Бишкек,
e-mail: kaldybaev.b@iksu.kg*

Государственный природный заповедник «Каратал-Жапырык» занимает центральную часть горной системы Внутреннего Тянь-Шаня, расположенной в пределах Кыргызстана. В заповеднике обитают различные виды млекопитающих, птиц, рыб, земноводных и пресмыкающихся. Цель исследования – изучение морфометрических признаков пресмыкающихся заповедника Каратал-Жапырык. Для этого проведены анализ морфометрических показателей отдельных видов и их сравнительная оценка. В ходе исследования были отловлены следующие виды: жаба Певцова, алайский гологлаз и обыкновенный щитомордник. Отбор проводили среди половозрелых особей. Морфометрические измерения осуществляли с использованием метода морфофизиологических индикаторов. Статистическую обработку данных выполняли с помощью программ Microsoft Excel и NCSS. Критерий достоверности (t) и величину вероятности (P) определяли по таблице Стьюдента и Фишера. Полученные результаты показывают статистически значимые различия морфометрических показателей жаб Певцова между популяциями заповедников Каратал-Жапырык и Сары-Челек. Выявлено, что масса тела, масса и индекс сердца, печени, почек, а также длина тела значительно различаются. Эти различия обусловлены высотными, климатическими и пищевыми факторами. Исследование алайского гологлаза показало, что длина тела и длина кишечника у особей из заповедника Каратал-Жапырык статистически значимо отличаются от таковых параметров в популяции особей из заповедника Кыргыз-Ата, в то время как масса тела и показатели внутренних органов остаются стабильными. Таким образом, изученные морфометрические характеристики позволяют выявить адаптивные особенности пресмыкающихся в условиях высокогорья, что является важным моментом для дальнейших исследований экологии и физиологии данных видов.

Ключевые слова: морфометрические признаки, коэффициент вариации, интерьерные признаки, заповедник Каратал-Жапырык

**THE MORPHOMETRIC FEATURES OF POIKILOTHERMIC
ANIMALS OF THE KARATAL-ZHAPYRIK STATE NATURE RESERVE**

¹Karipova N.T., ²Kaldybaev B.K., ¹Eralieva N.M.

¹*Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek,
e-mail: naky75@mail.ru, ernur.2299@mail.ru;*

²*Tynystanov Issykkul State University, Bishkek, e-mail: kaldybaev.b@iksu.kg*

The Karatal-Zhapyryk State Nature Reserve occupies the central part of the Inner Tien Shan mountain system, located within Kyrgyzstan. The reserve is home to various species of mammals, birds, fish, amphibians, and reptiles. The aim of this study is to examine the morphometric characteristics of reptiles inhabiting the Karatal-Zhapyryk Reserve. To achieve this, an analysis of the morphometric parameters of individual species was conducted, followed by a comparative assessment. During the study, the following species were captured: Bufo Pseudepidalea pewzowi Bedriaga, Asymblepharus alaicus Elpatiewsky and the Gloydus halys Pallas. Specimen collection focused on sexually mature individuals. Morphometric measurements were carried out using the method of morphophysiological indicators. Statistical data processing was performed using Microsoft Excel and NCSS software. The reliability criterion (t) and probability value (P) were determined based on Student's and Fisher's tables. The results indicate significant differences in the morphometric parameters of Bufo Pseudepidalea pewzowi Bedriaga between the populations of the Karatal-Zhapyryk and Sary-Chelek reserves. Notably, body mass, heart, liver, and kidney mass and indices, as well as body length, showed substantial variation. These differences are attributed to altitude, climatic conditions, and dietary factors. The study of the Asymblepharus alaicus Elpatiewsky skink revealed that body length and intestinal length in individuals from the Karatal-Zhapyryk Reserve significantly differed from those of the Kyrgyz-Ata population, whereas body mass and internal organ parameters remained stable. Thus, the morphometric characteristics examined in this study provide insights into the adaptive traits of reptiles in high-altitude environments, which is essential for further research on the ecology and physiology of these species.

Keywords: morphometric traits, variation coefficient, interior traits, Karatal-Zhapyryk Nature Reserve

Введение

Государственный природный заповедник Каратал-Жапырык был создан с целью сохранения уникальных природных экосистем, а также редких и исчезающих видов флоры и фауны Центрального Тянь-Шаня. В заповеднике обитают 36 видов млекопитающих, 136 видов птиц, 7 видов рыб, 1 вид земноводного и 3 вида пресмыкающихся [1].

Обитатели высокогорья за долгие времена своей истории приспособились к соответствующим условиям среды. Именно в процессе эволюции под влиянием естественного отбора каждая популяция того или иного вида приобрела биологически полезные механизмы приспособления, передаваемые наследственно [2–4]. Высокогорные экосистемы, как и любые другие природные среды, обладают специфическими характеристиками. В условиях изоляции каждая горная котловина и долина формируют уникальный комплекс физических факторов, обусловленных их географическим положением и климатическими особенностями. Эти факторы оказывают определенное воздействие на физиологию и адаптационные механизмы животных. Механизмы приспособления настоящих горных животных к условиям высокогорья связаны с их выносливостью, выживаемостью, динамикой численности, а также с размерами и весом тела, скоростью роста и т.д. [2, 5].

Целью данной работы является исследование морфометрических параметров амфибий и пресмыкающихся, обитающих на территории заповедника Каратал-Жапырык.

В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи:

- 1) определены морфометрические показатели изучаемых видов амфибий и пресмыкающихся;
- 2) проведен сравнительный анализ морфометрических параметров изучаемых видов;
- 3) проанализированы полученные данные с целью выявления характерных особенностей популяций амфибий и пресмыкающихся.

Материал и методы исследования

В ходе исследования были отловлены представители одного вида амфибий – жабы Певцова *Bufo Pseudepidalea pewzowi* Bedriaga и двух видов пресмыкающихся – алайского гологлаза *Asymblespharus alaicus* Elpatiewsky и обыкновенного щитомордника *Gloydius halys* Pallas. Отбор особей проводили в весенне-летний период на основании морфологических признаков, характерных для половозрелых экземпляров.

Для морфометрических исследований был использован метод морфофизиологических индикаторов [6]. Математические расчеты производили по программам Microsoft Excel и NCSS, где находили среднюю арифметическую величину (M), среднюю арифметическую ошибку (m), среднее квадратическое отклонение (σ) и коэффициент вариации (Cv). Критерий достоверности (t) и величину вероятности (P) определяли по таблице Стьюдента и Фишера.

Результаты исследования и их обсуждение

Жаба Певцова *Bufo Pseudepidalea pewzowi* Bedriaga

Согласно данным А.Т. Токтосунова [2], жабы, обитающие в горных районах Тянь-Шаня, относятся к полиплоидной форме *Bufo danatensis* ($2n = 44$). По мнению автора, данная генетическая модификация является следствием тектонических процессов и наступления ледникового периода, в результате чего данный вид был вынужден вторично адаптироваться к водной среде. В связи с этим его современное распространение приурочено к заболоченным территориям и родниковым источникам.

Жаба Певцова населяет различные водно-болотные биотопы, включая застойные водоемы, а также встречается на каменистых, гравийных и увлажненных территориях заповедной зоны.

С 2015 года, согласно Кадастру генетического фонда Кыргызстана, полиплоидная форма жаб в стране классифицируется как *Bufo pseudepidalea pewzowi* Bedriaga [7].

В заповеднике встречается в местах вблизи водоемов, обочин дорог в предгорьях. В ходе исследования в буферной зоне заповедника Каратал-Жапырык было отловлено 15 особей жабы Певцова.

Масса тела жаб караталжапырыкской популяции составляла $36,77 \pm 0,425$ г, масса сердца – $257,27 \pm 0,45$ мг, индекс сердца – $7 \pm 0,047$ ‰, масса печени – $1543,67 \pm 8,46$ мг, индекс печени – $42 \pm 0,7$ ‰, масса почек – $250,133 \pm 2,147$ мг, индекс почек – $6,81 \pm 0,04$ ‰, масса легких – $278,46 \pm 1,924$ мг, индекс легких – $7,58 \pm 0,08$ ‰, масса селезенки – $60,133 \pm 2,002$ мг, индекс селезенки – $1,63 \pm 0,05$ ‰, длина тела – $81,6 \pm 0,513$ мм, длина кишечника – $234 \pm 4,576$ мм.

Полученные данные по коэффициентам вариации изученных жаб Певцова показали, что наиболее стабильными морфометрическими показателями являются масса тела, масса сердца, масса почек и масса легких, где коэффициенты вариации остаются низкими (менее 5%). Небольшую вариабель-

ность показывает длина кишечника – 7,32%, что требует дополнительных исследований для выявления факторов, влияющих на его вариативность.

В ходе исследований авторы провели сравнительный анализ морфометрических показателей изученных особей жабы Певцова с популяцией из заповедника Сары-Челек. Сары-Челекский заповедник является государственным биосферным заповедником Кыргызстана, он организован для охраны уникальной эндемичной флоры и фауны. Он расположен на южных склонах Чаткальского хребта на высоте 1876 м над уровнем моря [8, 9].

Морфометрические показатели жабы Певцова из разных популяций были приведены для сравнения. В анализ включены только те параметры, которые были получены у обеих популяций (табл. 1).

Согласно полученным данным, морфометрические характеристики жаб Певцова в двух популяциях заповедников – Каратал-Жапырык и Сары-Челек – имели значительные различия. Полученные данные по всем параметрам, таким как масса тела, масса и индексы сердца, печени, почек и длина

тела, показывают статистически значимые различия между популяциями, что указывает на влияние различных экологических факторов и условий среды на развитие этих животных. Любая популяция животных характеризуется физиологическими особенностями, совокупность которых определяет их биологическую специфику.

В литературных источниках [2] выявлено, что жабы, обитающие в различных географических зонах Тянь-Шаня, имеют тенденцию к уменьшению веса тела с увеличением высоты над уровнем моря. Исследования показали, что среднее значение массы тела жабы Певцова для караталжапырыкской популяции (3300 м над ур. м.) составило $36,77 \pm 0,425$ г, в то время как для сарычелекской популяции (1873 м над ур. м.) – $48,76 \pm 2,47$ г. Разница в этих показателях является статистически значимой ($p < 0,01$) и согласуется с литературными. Это может свидетельствовать о наличии факторов, способствующих большему росту и накоплению массы в условиях заповедника Сары-Челек, таких как более богатая пища или другие экологические особенности.

Таблица 1

Морфометрические показатели жабы Певцова двух популяций

№ пп	Показатели	Караталжапырыкская популяция		Сравниваемая популяция (Сары-Челекский заповедник)		Значение t-критерия Стьюдента (t)	Статистическая значимость различий
		n	M±m	n	M±m		
1	Масса тела (г)	15	$36,77 \pm 0,42$	15	$48,76 \pm 2,47$	4,79	Различия статистически значимы
2	Масса сердца (мг)	15	$257,27 \pm 0,45$	15	$201,8 \pm 4,4$	12,54	Различия статистически значимы
3	Индекс сердца (‰)	15	$7,0 \pm 0,04$	15	$4,2 \pm 0,1$	26,00	Различия статистически значимы
4	Масса печени (мг)	15	$1543,6 \pm 8,4$	15	$1790 \pm 9,33$	19,63	Различия статистически значимы
5	Индекс печени (‰)	15	$42 \pm 0,7$	15	$37 \pm 0,7$	5,05	Различия статистически значимы
6	Масса почек (мг)	15	$250,13 \pm 2,14$	15	$152,3 \pm 4,5$	19,63	Различия статистически значимы
7	Длина тела (мм)	15	$81,6 \pm 0,51$	15	70 ± 1	10,33	Различия статистически значимы

Примечание: составлено автором.

А.Т. Токтосунов [2] установил, что с увеличением высоты местности увеличиваются масса и индекс сердца жаб. Автор полагает, что постепенное увеличение индекса сердца с поднятием местности над уровнем моря связано с повышением метаболизма в условиях высокогорья. Полученные авторами данные подтверждают литературными, масса и индексы сердца изученных популяций: караталжапырыкская – $257,27 \pm 0,45$ мг; $7 \pm 0,04\%$, и сарычелекская – $201,8 \pm 4,4$; $4,2 \pm 0,1\%$ соответственно, разница между показателями $t=12,54$. Средняя масса печени у караталжапырыкской популяции составила $1543,67 \pm 8,46$ мг, а у сарычелекской популяции – $1790 \pm 9,33$ мг. Значения t -критерия ($t=19,63$, $p<0,01$) подтверждают, что масса печени у сарычелекской популяции значительно выше, что согласуется с проведенным ранее исследованием, в котором было выявлено, что большая масса печени у жаб низинной популяции, обитающих в суровых климатических условиях, требует большого накопления резерва питательных веществ [4]. Масса почек у особей из караталжапырыкской популяции составила $250,13 \pm 2,14$ мг, а у сарычелекской популяции – $152,3 \pm 4,5$ мг. Разница между этими показателями также статистически значима ($p<0,01$).

Все различия по показателям у сравниваемых популяций, возможно, связаны с особенностями питания, метаболическими процессами, климатическими условиями и другими факторами, характерными для каждой популяции.

Алайский гологлаз *Asymblepharus alaicus* Elpatiewsky

На территории заповедника встречается в следующих участках: Ача-Таш, Ителги-Уя, Жазы-Жарагай, Желе-Карагай и Арчалуу-Тор. Основным местом обитания являются скалистые участки с отдельными валунами и каменистыми осыпями.

Для алайского гологлаза были установлены следующие морфометрические показатели (при $n=10$), а именно: длина тела – $3,33 \pm 0,06$ см, длина головы – $1,17 \pm 0,02$ см, длина кишечника – $7,85 \pm 0,22$ см, длина хвоста – $4,91 \pm 0,10$ см, длина передней лапы – $1,23 \pm 0,02$ см, длина задней лапы – $1,33 \pm 0,02$ см, масса тела – $2,22 \pm 0,02$ г, масса сердца – $4,90 \pm 0,40$ мг, индекс сердца – $2,20 \pm 0,17\%$, масса печени – $54,50 \pm 2,05$ мг, индекс печени – $24,6 \pm 0,9\%$, масса почек – $7,68 \pm 0,51$ мг, индекс почек – $3,46 \pm 0,21\%$, масса легких – $10,50 \pm 0,65$ мг, индекс легких – $4,74 \pm 0,29\%$.

По коэффициентам вариации морфометрических показателей с высокой вари-

ативностью оказались, что масса сердца ($24,43\%$), масса почек ($20,02\%$) и масса легких ($18,65\%$) указывают на значительные индивидуальные различия, которые могут быть обусловлены физиологическими различиями, возрастом или другими факторами, такими как экологическая среда или условия питания. При этом масса тела ($2,63\%$) и длина головы ($4,13\%$) характеризуются низкой вариативностью, что указывает на высокую степень однородности этих характеристик в популяции.

Для определения степени статистической значимости полученных результатов проведен сравнительный анализ изученных гологлазов с кыргызатинской популяцией. Государственный природный парк «Кыргыз-Ата» расположен в юго-западной части Кыргызстана, на территории Джалал-Абадской области, на высоте около 2400 м над ур. м.

Фауна парка очень разнообразна. Здесь обитают редкие и исчезающие виды животных [10].

Морфометрические показатели алайского гологлаза для двух популяций наглядно представлены в сравнении в таблице 2.

Полученные данные показывают, что средняя масса тела алайского гологлаза в караталжапырыкской популяции составила $2,22 \pm 0,02$ г, а в популяции Кыргыз-Ата – $2,2 \pm 0,2$ г. Разница между этими показателями оказалась незначительной ($t=0,1$), что говорит о статистически не значимых различиях в массе тела между популяциями. Это может свидетельствовать о том, что масса тела алайского гологлаза в обеих популяциях остается схожей и не зависит от района и условий обитания. По массе и индексам сердца и печени результат t -критерия также продемонстрировал отсутствие различий между популяциями. Средняя длина тела алайского гологлаза в караталжапырыкской популяции составила $3,33 \pm 0,06$ см, а в популяции Кыргыз-Ата – $4,8 \pm 0,1$ см. Различия в длине тела оказалась статистически значима ($t=12,61$, $p<0,01$), а также статистически значимо отличаются сравниваемые популяции по длине кишечника при $5,46$, $p<0,01$. Длина кишечника у особей караталжапырыкской популяции выше, чем у особей сравниваемой популяции. Согласно литературным данным, у пойкилотермных животных длина кишечника зависит от качественного состава пищевых компонентов [2]. Анализ морфометрических данных показывает, что между популяциями алайского гологлаза существуют как значимые, так и не значимые различия.

Таблица 2

Морфометрические показатели алайского гологлаза разных популяций

№ пп	Показатели	Караталжапырыкская популяция		Сравнимая популяция (Кыргыз-Ата)		Значение t-критерия Стьюдента	Статистическая значимость различий
		n	M±m	n	M±m	t	
1	Масса тела (г)	10	2,22±0,02	30	2,2±0,2	0,10	Различия статистически не значимы
2	Масса сердца (мг)	10	4,90±0,40	30	5,5±0,5	0,94	Различия статистически не значимы
3	Индекс сердца (‰)	10	2,20±0,17	30	2,5±0,1	1,52	Различия статистически не значимы
4	Масса печени (мг)	10	54,50±2,05	30	52,4±3,2	0,55	Различия статистически не значимы
5	Индекс печени (‰)	10	24,6±0,9	30	28±2,1	1,49	Различия статистически не значимы
6	Длина тела (см)	10	3,33±0,06	30	4,8±0,1	12,61	Различия статистически не значимы
7	Длина кишечника (см)	10	7,85±0,22	30	5,73±0,32	5,46	Различия статистически не значимы

Примечание: составлено автором.

В частности, длина тела и кишечника являются параметрами, которые существенно различаются между популяциями, что может быть связано с условиями обитания, такими как доступность пищи и климатические особенности. В то же время масса тела, масса сердца, масса печени и индекс печени не имеют значимых различий, что указывает на сходство физиологических характеристик этих популяций. Это подчеркивает, что, хотя популяции могут жить в разных природных условиях, таких как высотность и иное, их биологические особенности остаются схожими, что может быть следствием адаптационных механизмов, направленных на поддержание стабильности в физиологических процессах.

Обыкновенный (палласов) щитомордник
Gloydus halys Pallas

На территории заповедника встречается в следующих участках: Май-Кунгей, Жазы-Жарагай и Желе-Карагай. Наиболее часто встречается на участке Май-Кунгей. Основными биотипами являются степи и предгорные участки, луга, а также горные каменистые склоны, скальные россыпи.

Для исследования были отловлены 10 особей щитомордника. В ходе исследова-

ния выполнены измерения массы тела, размеров сердца, печени, длины тела, хвоста и кишечника. Также рассчитаны коэффициенты вариации изученных параметров.

Длина тела исследуемых щитомордников составила 48,70±0,45 см, длина головы – 26,41±25,37 см, длина хвоста – 6,53±0,03 см, длина кишечника – 59,20±0,38 см, масса тела – 64,37±0,60 г, масса сердца – 368,80±3,61 мг, индекс сердца – 5,7±0,06‰, масса печени – 2475,00±26,68 мг, индекс печени – 38,46±0,31‰, масса почек – 1334,50±94,73 мг, индекс почек – 20,7±1,4‰, масса легких – 290,70±2,29 мг, индекс легких – 4,52±0,05 ‰.

Анализ коэффициентов вариации показывает, что большинство морфометрических показателей у щитомордников имеют низкую изменчивость, с коэффициентами вариации, не превышающими 5%. Исключением является масса почек, для которой коэффициент вариации составляет 21,29%, что говорит о высокой вариативности этого показателя в популяции. Это может быть связано с индивидуальными различиями в физиологии или внешними факторами, такими как питание и экосистема, в которой обитают эти животные.

Сравнение морфометрических показателей караталжапырыкских популяций щитомордников оказалось невозможным из-за отсутствия данных по популяциям из других географических регионов Кыргызстана.

Заключение

Исследование коэффициентов вариации выявило, что алайский гологлаз отличается значительной изменчивостью по большинству морфометрических параметров, что может быть обусловлено широким спектром экологических условий их обитания и высокой степенью адаптивной пластичности. В противоположность этому такие виды, как обыкновенный щитомордник и жаба Певцова, демонстрируют относительно стабильные морфометрические характеристики, что указывает на их меньшую подверженность морфологической изменчивости. Сравнительный анализ морфометрических данных животных, обитающих в заповеднике Каратал-Жапырык, показал существенные различия со сравнимыми популяциями. Среди представителей жабы Певцова, обитающая в буферной зоне заповедника Каратал-Жапырык и в заповеднике Сары-Челек, были обнаружены статистически значимые различия по таким параметрам, как масса тела, масса и индекс сердца, печени, почек, а также длина тела. При этом сравнение караталжапырыкской и кыргызатинской популяций алайского гологлаза не выявило статистически значимых различий по массе тела, массе сердца, массе печени и индексу печени, однако были отмечены различия в длине тела и кишечника. Эти морфологические различия, вероятно, связаны с влиянием климати-

ческих и географических факторов, а также с особенностями метаболических процессов, характерных для каждой из исследуемых популяций.

Список литературы

1. Карипова Н.Т., Калдыбаев Б.К., Эралиева Н.М., Токтосунов Т.А. Сравнительный анализ морфофизиологических показателей млекопитающих некоторых заповедников Кыргызстана (на примере Лесной мыши *Apodemus sylvaticus*) // Вестник Кыргызстана. 2024. № 2(1). С. 231-235.
2. Токтосунов А.Т. Экологические основы высотной адаптации и позвоночных Тянь-Шаня / Под. ред. А.Д. Слонима. Л.: Наука, 1984. 194 с.
3. Жунусов У.Т. Морфофизиологическая характеристика позвоночных животных Ак-Сайской долины // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. № 4. С. 77-80. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.49.67.016.
4. Жунусов У.Т. Морфофизиологические изменения клеток периферической крови высокогорных позвоночных животных в условиях Ак-Сайской долины Тянь-Шаня // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. № 4. С. 73-76. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.82.27.015.
5. Шабданова Н. К., Ташибекова З.М. Морфофизиологические показатели у животных, обитающих на разных высотах // Вестник Кыргызстана. 2017. № 2. С. 255-260.
6. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. 386 с.
7. Кадастр генетического фонда Кыргызстана. Т. 4. Тип Chordata – Хордовые. Б., 2015. С. 26-27.
8. Эралиева Н.М. Морфофизиологическое своеобразие некоторых пойкилотермных животных государственного биосферного заповедника Сары-Челек // Новый университет. Серия «Вопросы естественных наук». 2016. № 1-2(7). С. 46-52.
9. Эралиева Н.М. Эколого-генетические особенности позвоночных животных, обитающих в бассейне озера Сары-Челек: автореф. дис... канд. биол. наук. Бишкек, 2021. 25 с.
10. Кочконбаева Н.А. Экологическая цитогенетика позвоночных животных национального государственного природного парка Кыргыз-Ата: автореф. дис... канд. биол. наук. Бишкек, 2010. 22 с.

СТАТЬИ

УДК 615.21/.26:57.084.1

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АДАПТОГЕННОГО ЭФФЕКТА
ЭКСТРАКТА ПАНТОВ МАРАЛА В УСЛОВИЯХ
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СТРЕССА****Жукова О.Б., Зайцев К.В., Гостюхина А.А., Дорошенко О.С.,
Ярцев В.В., Степанова А.М., Гамеева Е.В.***ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации
и курортологии Федерального медико-биологического агентства»,
Солнечногорск, e-mail: niikf@niikf.tomsk.ru*

Исследование посвящено сравнительной оценке адаптогенного эффекта экстракта пантов марала при внутреннем введении лабораторным крысам с моделью многокомпонентного стресса. Экспериментальные испытания проводили на 60 половозрелых крысах-самцах линии Wistar. У 45 животных моделировали состояние хронического многокомпонентного стресса путем последовательного воздействия светового десинхрониза (круглосуточное содержание при полном затемнении в течение 10 суток) и длительной физической нагрузки в виде принудительного плавания с грузом в течение 5 дней. После развития состояния хронического стресса крысам опытной группы (n=15) внутривенно через зонд вводили 1%-ный раствор экстракта пантов марала в течение 10 дней, а крысам группы сравнения (n=14) – фармакопейный адаптоген этилметилгидроксипиридина сукцинат. Контрольную группу составили 16 крыс, получавших очищенную воду. Фоновые значения исследуемых показателей были получены у 15 интактных крыс. Оценивали поведенческие реакции в тесте «открытое поле», концентрацию кортикостерона в сыворотке крови, проводили морфометрию и микроскопию ткани надпочечников. Тестирование в установке «открытое поле» показало, что курсовой прием экстракта пантов марала на фоне многокомпонентного стресса нивелировал негативные стресс-обусловленные проявления в поведенческих реакциях по типу преобладания торможения. При этом повышенный уровень кортикостерона и гипертрофия пучковой зоны коры надпочечника, отмеченные у контрольных крыс, отсутствовали у животных опытной группы. Микроскопический и морфометрический анализы не установили значимых различий в изменении структуры надпочечников при используемых вариантах коррекции стресса. Таким образом, экстракт пантов марала на модели многокомпонентного стресса у крыс продемонстрировал адаптогенное действие, сопоставимое по эффективности с аналогичным свойством адаптогена синтетического происхождения – этилметилгидроксипиридина сукцината.

Ключевые слова: стресс, адаптогены, экстракт пантов, экспериментальные животные, «открытое поле», надпочечники, кортикостерон

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ADAPTOGENIC EFFECT
OF MARAL ANTLER EXTRACT UNDER CONDITIONS
OF MULTICOMPONENT STRESS****Zhukova O.B., Zaitsev C.V., Gostyuhina A.A., Doroshenko O.S.,
Yartsev V.V., Stepanova A.M., Gameeva E.V.***Federal Scientific and Clinical Center of Medical Rehabilitation and Balneology
of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Solnechnogorsk,
e-mail: niikf@med.tomsk.ru*

The study is devoted to a comparative assessment of the adaptogenic effect of maral antler extract when administered internally to laboratory rats with a multicomponent stress model. Experimental tests were conducted on 60 mature male Wistar rats. In 45 of these animals, a state of chronic multicomponent stress was induced by sequentially exposing them to circadian desynchronization (maintaining them in total darkness around the clock for 10 days) and prolonged physical activity in the form of forced swimming with a load for 5 days. After the development of the chronic stress, a 1% maral antler extract solution was administered to rats from the experimental group (n=15) intragastrically through a probe for 10 days, while rats from the comparison group (n=14) received the pharmacopoeial adaptogen ethylmethylhydroxypyridine succinate. The control group consisted of 16 rats treated with purified water. The background values of the studied parameters were collected from 15 intact rats. Behavioral responses in the «open field» test, the concentration of corticosterone in the blood serum were evaluated, morphometry and microscopy of the adrenal gland tissue were performed. Testing in the «open field» showed that the course intake of maral antler extract against the background of multicomponent stress leveled negative stress-related manifestations in behavioral responses by the type of predominance of inhibition. At the same time, the elevated corticosterone levels and hypertrophy of the adrenal cortex bundle zone, observed in control rats, were not present in animals of the experimental group. Microscopic and morphometric analyses did not reveal significant structural changes in the adrenal glands in the stress correction options used. Thus, maral antler extract has an adaptogenic effect in a model of multicomponent stress in rats, comparable to the effectiveness of an adaptogen of synthetic origin, ethylmethylhydroxypyridine succinate.

Keywords: stress, adaptogens, antler extract, experimental animals, «open field», adrenal glands, corticosterone

Введение

Оленьи рога широко использовались в качестве нутрицевтика и лекарства в Китае, Японии и Корее на протяжении тысячелетий. Как единственный полностью регенерируемый орган млекопитающих, панты уникальны в качестве лечебного средства животного происхождения, которое можно получить, не причиняя вреда животному [1]. Панты являются источником множества биологически активных соединений, в том числе биоактивных пептидов, которые обладают более высоким уровнем активности, чем цельные белки, за счет большего количества функциональных групп [2]. В последние десятилетия пептиды оленьих пантов привлекли внимание ученых из-за разнообразных полезных биологических эффектов. Были проведены исследования с использованием молекулярных методов, а также клеточных и животных моделей для подтверждения фармакологического действия этих компонентов, доказавшие, что пептиды пантов обладают антиоксидантным, противовоспалительным, гипогликемическим, противоопухолевым свойствами, противодействуют фиброзу органов и неврологическим заболеваниям, способствуют регенерации костной ткани, а также замедляют процессы старения [1, 2, 3].

В настоящее время возрастающую актуальность для медицины приобретает коррекция стресс-индуцированных нарушений. Как известно, при действии различных неблагоприятных факторов организм может использовать либо резистентную, либо толерантную стратегии адаптации. Реализация адаптации по резистентному типу нередко приводит к дезадаптивным эффектам, которые проявляются в виде снижения устойчивости к гипоксии, увеличения вероятности ишемических повреждений жизненно важных органов и систем организма, истощения иммунологического надзора [4, 5]. Все это определяет полиморфность симптоматики срыва адаптационных реакций с вовлечением в процесс различных звеньев гомеостаза, который при прогрессировании имеет тенденцию к генерализации. В связи с этим поиск новых высокоэффективных, универсальных и стабильных биологически активных веществ и лекарственных форм представляется актуальным для целей профилактической и восстановительной медицины. Одним из легкодоступных и экологически чистых источников биологически активных веществ природного происхождения считаются панты алтайского марала.

В связи с вышеизложенным **целью данного исследования** явилась сравнительная

оценка адаптогенного эффекта экстракта пантов марала при внутреннем введении лабораторным крысам с моделью многокомпонентного стресса.

Материал и методы исследования

Объектом исследования были 60 самцов крыс линии Wistar в возрасте 3–4 месяца, массой 260–310 г, выращенных в сертифицированном питомнике. Животных содержали по 7–8 особей в просторных пластиковых клетках в виварии Томского НИИ-КиФ ФФГБУ ФНКЦ МРиК ФМБА России при естественном освещении, со свободным доступом к воде и стандартизированному комбинированному корму. Все процедуры с животными выполняли в соответствии с правилами и рекомендациями гуманного обращения с животными, используемыми для экспериментальных и иных научных целей (приказ Минздрава России от 18 мая 2021 г. № 464н «Об утверждении Правил проведения лабораторных исследований»). Содержание животных и дизайн эксперимента были одобрены Локальным этическим комитетом ФГБУ ФНКЦ МРиК ФМБА России после проведения независимой экспертизы на соответствие этическим нормам и принципам биомедицинских исследований (протокол № 3 от 28 марта 2024 г.).

Экспериментальные животные были разделены на следующие группы: 1) интактная, 2) контрольная, 3) группа сравнения, 4) опытная. У 45 животных моделировали состояние хронического многокомпонентного стресса путем последовательного воздействия светового десинхроноза и длительной физической нагрузки [6]. Для индукции экспериментального десинхроноза крысы круглосуточно находились при полном затемнении в течение 10 суток. После этого животных подвергали длительной физической нагрузке в виде принудительного плавания с грузом при температуре воды 26°C до полного утомления. Плавание проводили в специальной боксированной установке с утяжеляющим грузом, равным по весу 10% от массы тела конкретной особи, в утренние часы до кормления ежедневно в течение 5 дней. Животные плавали до полного утомления (пока не начинали тонуть). После моделирования состояния многокомпонентного стресса 15 крысам опытной группы внутривентрально через зонд вводили 1%-ный раствор экстракта пантов марала 1 раз в сутки в течение 10 дней, а 14 крысам группы сравнения – этилметилгидроксипиридина сукцинат в дозе 10 мг/кг из расчета по 0,5 мл на 100 г массы тела. Контрольную группу составили 16 крыс, получавших очищенную воду в эквивалентном объеме.

Фоновые значения исследуемых показателей были получены у 15 интактных крыс.

Через 10 суток у всех крыс оценивали психоэмоциональный статус в тесте «открытое поле» по методу C.S. Hall [7]. Далее животных выводили из эксперимента одномоментным декапитированием под CO₂-наркозом, осуществляли забор крови для исследования, извлекали левый надпочечник (поскольку этот орган парный). В сыворотке крови проводили аналитические измерения концентрации кортикостерона с применением твердофазного неконкурентного иммуоферментного анализа согласно инструкции производителя набора («IBL», Германия).

Структурные изменения надпочечников исследовали с помощью выполнения гистологического анализа по стандартной методике [8, с. 3–58]. Образцы данного органа фиксировали в 10%-ном забуференном формалине, обезживали в растворах этанола возрастающей концентрации (70%, 95%, 98%), просветляли в бутаноле и заключали в парафин («LabPoint», Россия). Срезы толщиной 5–7 мкм изготавливали на ротационном микротоме RMD-3000 («MTPoint», Россия). Препараты окрашивали гематоксилином Майера и эозином. Микроскопирование, изготовление снимков и морфометрические измерения осуществляли с использованием системы, состоящей из микроскопа «Axio Lab A1», камеры «AxioCam ERc 5s» и программного обеспечения «ZEN 2012» («Carl Zeiss Microscopy», Германия).

При обработке полученных данных использовали автоматизированные способы статистического описания, включающие проверку на нормальность распределения исследуемого признака по критерию Шапиро–Вилка, расчет медианы (M), верхнего и нижнего квартилей (Q₁; Q₃), а также методы проверки статистических гипотез при межгрупповом сравнении показателей с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ показателей теста «открытое поле» определил уменьшение частоты регистрации горизонтальной и увеличение частоты вертикальной активностей, а также учащение актов груминга при моделировании у грызунов состояния хронического многокомпонентного стресса по сравнению с интактными крысами (табл. 1). Это свидетельствует о появлении сильного эмоционального напряжения отрицательного характера, например страха, беспокойства

[9]. Известно об истощающем воздействии сочетания стресс-индуцирующих агентов на адаптивные резервы, особенно при их длительной совместной экспозиции [10].

Высокий уровень в сыворотке крови стресс-реализующего гормона – кортикостерона – подтвердил выраженные проявления классической картины фазы тревоги общего адаптационного синдрома у крыс контрольной группы (табл. 2). В связи с тем, что кортикостерон вырабатывается надпочечниками, была проведена оценка их структурно-функционального состояния у исследуемых животных. В качестве размерного показателя использовали площадь пучковой зоны коры надпочечника как один из объективных критериев оценки секреторной активности железы [11]. Полученные результаты морфометрического анализа указали на увеличение пучковой зоны коры надпочечника у крыс контрольной группы (табл. 2), связанное с гипертрофией адренокортикоцитов ввиду напряжения их синтетической активности, направленной на выработку кортикостерона [11]. Таким образом, проведенное исследование свидетельствовало, что сочетанное воздействие десинхроноза и физического переутомления является мощным стрессирующим фактором для организма.

Для профилактики и коррекции стресс-индуцированных нарушений существует широкий спектр адаптогенных препаратов различного генеза. Перспективными в этом отношении считаем продукты пантового мараловодства как экологически чистые средства природного происхождения, сочетающие огромный спектр биологически активных веществ и физиологическое воздействие модулирующего характера. Выраженность адаптогенного действия тестируемого средства оценивали в сравнении с аналогичными эффектами такого традиционно используемого в клинической практике адаптогена, как этилметилгидроксипиридина сукцинат. Механизм противострессорного действия данного синтетического фармакопейного препарата обусловлен активацией эндогенных стресс-лимитирующих систем, в частности ГАМК-эргической [12].

Тестирование в установке «открытое поле» показало, что курсовой прием пантового экстракта на фоне многокомпонентного стресса нивелировал негативные стресс-обусловленные проявления в поведенческих реакциях по типу преобладания торможения. Так, все показатели данного теста, кроме груминга, у крыс опытной группы соответствовали норме и значениям аналогичных параметров у животных, получавших препарат сравнения (табл. 1).

Таблица 1

Показатели теста «открытое поле» у крыс с моделью многокомпонентного стресса после приема адаптогенов, Me (Q_1 ; Q_3)

Исследуемые показатели	Интактные крысы (n=15)	Крысы с моделью стресса, получавшие			Р-уровень значимости межгрупповых различий
		воду (n=16)	этилметил-гидроксипиридина сукцинат (n=14)	экстракт пантов (n=15)	
	1	2	3	4	
Горизонтальная активность, усл.ед.	41,0 (29,5; 48,5)	32,0 (22,0; 42,0)	42,5 (29,5; 48,5)	45,0 (39,3; 51,3)	$p_{1-2}=0,021$ $p_{1-3}=0,356$ $p_{1-4}=0,356$ $p_{2-3}=0,016$ $p_{2-4}=0,002$ $p_{3-4}=0,086$
Вертикальная активность, усл.ед.	7,5 (6,5; 16,5)	15,0 (10,5; 19,0)	5,0 (3,0; 8,5)	8,5 (6,0; 10,0)	$p_{1-2}=0,015$ $p_{1-3}=0,861$ $p_{1-4}=0,356$ $p_{2-3}=0,004$ $p_{2-4}=0,042$ $p_{3-4}=0,056$
Груминг, усл.ед.	0,5 (0,0; 1,5)	0,0 (0,0; 0,0)	0,5 (0,0; 1,5)	0,0 (0,0; 1,0)	$p_{1-2}=0,023$ $p_{1-3}=0,585$ $p_{1-4}=0,356$ $p_{2-3}=0,036$ $p_{2-4}=0,052$ $p_{3-4}=0,032$
Норковый рефлекс, усл.ед.	4,0 (3,0; 5,5)	7,5 (5,0; 10,5)	5,0 (4,0; 6,5)	4,5 (3,3; 6,0)	$p_{1-2}=0,012$ $p_{1-3}=0,592$ $p_{1-4}=0,356$ $p_{2-3}=0,056$ $p_{2-4}=0,021$ $p_{3-4}=0,382$
Частота дефекации, усл.ед.	0,5 (0,0; 0,5)	1,0 (0,0; 1,3)	1,0 (0,5; 1,5)	1,5 (0,5; 2,0)	$p_{1-2}=0,593$ $p_{1-3}=0,855$ $p_{1-4}=0,056$ $p_{2-3}=0,224$ $p_{2-4}=0,282$ $p_{3-4}=0,456$

Таблица 2

Показатели структурно-функционального статуса надпочечников у крыс с моделью многокомпонентного стресса после приема адаптогенов, Me (Q_1 ; Q_3)

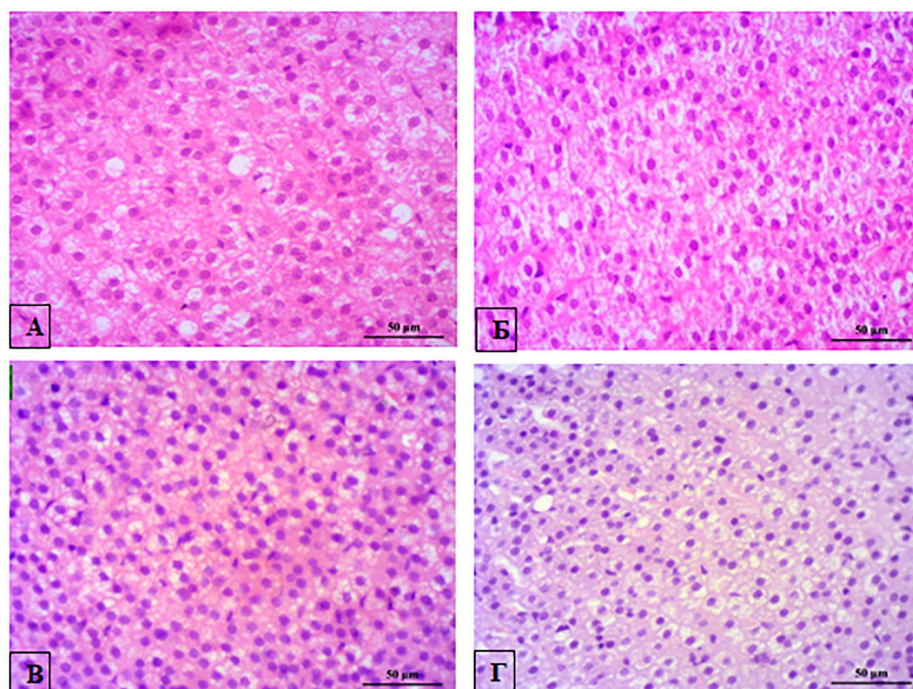
Исследуемые показатели	Интактные крысы (n=15)	Крысы с моделью стресса, получавшие			Р-уровень значимости межгрупповых различий
		воду (n=16)	этилметил-гидроксипиридина сукцинат (n=14)	экстракт пантов (n=15)	
	1	2	3	4	
Содержание кортикостерона, нг/мл	97,9 (77,1; 108,6)	189,1 (135,1; 223,8)	101,3 (68,2; 112,6)	81,3 (52,7; 94,4)	$p_{1-2}=0,004$ $p_{1-3}=0,119$ $p_{1-4}=0,356$ $p_{2-3}=0,026$ $p_{2-4}=0,002$ $p_{3-4}=0,116$
Площадь пучковой зоны коры надпочечника, мм ²	4,1 (3,6; 4,9)	5,1 (3,9; 5,8)	3,8 (3,1; 4,5)	4,0 (4,1; 4,9)	$p_{1-2}=0,013$ $p_{1-3}=0,669$ $p_{1-4}=0,748$ $p_{2-3}=0,005$ $p_{2-4}=0,029$ $p_{3-4}=0,456$

Уменьшение количества актов груминга у крыс контрольной и опытной групп (табл. 1) как неспецифический показатель уровня эмоциональности является одним из механизмов снятия избыточной активности ЦНС.

У животных опытной группы после моделирования многокомпонентного стресса и приема экстракта пантов уровень кортикостерона в сыворотке крови не имел статистически значимого отличия по сравнению с интактной группой ($p=0,356$) и группой сравнения ($p=0,116$) (табл. 2). Данный факт может свидетельствовать о том, что рассматриваемое средство животного происхождения при предъявлении двух стрессирующих факторов последовательно (длительная физическая нагрузка на фоне циркадного десинхроноза) восстанавливает адекватный характер протекания стресс-реакций организма в той же степени, что и этилметилгидроксипиридина сукцинат. При этом гипертрофия пучковой зоны коры надпочечника, отмеченная у контрольных крыс, получавших воду, у животных опытной группы отсутствует ($p=0,029$) (табл. 2), что, вероятно, связано с адаптогенным действием пантового экстракта. Микроскопический и морфометрический анализы установили, что значимых

различий в изменении структуры надпочечников при используемых вариантах коррекции многокомпонентного стресса нет. Визуально при микроскопии отмечена лишь разная степень эозинофильности цитоплазмы адренокортикоцитов надпочечника у крыс разных групп, что обусловлено различной степенью вакуоляризации данных клеток (рисунок).

Полученные результаты согласуются с данными других авторов о высоком адаптогенном потенциале препаратов пантового мараловодства. Так, применение пантокрина в эксперименте у белых мышей при физической нагрузке способствовало восстановлению ткани миокарда и, соответственно, более длительной плавательной активности [13]. Пантокрин также благоприятно действовал на слизистую оболочку желудка, проявлял умеренную антигипоксическую активность, снижал развитие гипертрофии надпочечников у крыс, подвергшихся воздействию стресса [14]. Включение экстракта пантов в клинические рекомендации, посвященные медицинским технологиям коррекции различных стрессобусловленных состояний, позволяет восстановить нарушенные физиологические функции и повысить работоспособность, выносливость [15].



Пучковая зона надпочечника: А – интактной крысы, Б – крысы с моделью хронического многокомпонентного стресса, получавшей воду, В – крысы с моделью хронического многокомпонентного стресса, получавшей этилметилгидроксипиридина сукцинат, Г – крысы с моделью хронического многокомпонентного стресса, получавшей экстракт пантов. Окрашивание: гематоксилин-эозин

Заключение

В ходе проведения сравнительного испытания экстракта пантов марала на модели многокомпонентного стресса у крыс было продемонстрировано адаптогенное действие, сопоставимое по эффективности с аналогичным свойством стандартизированного фармакопейного адаптогена синтетического происхождения — этилметилгидроксипиридина сукцината. Экстракт пантов марала нивелирует срыв адаптации и выраженные проявления хронического стресса при сочетанном воздействии стресс-индуцирующих факторов в виде светового десинхроноза и физического переутомления в экспериментальных условиях у модельных животных.

Представленные данные свидетельствуют о перспективности разработки и использования препаратов на основе пантов маралов для профилактики и коррекции негативных стресс-реакций. Дальнейшие исследования, направленные на выявление и изучение биологически активных компонентов пантов, а также проведение масштабных клинических испытаний позволят более полно раскрыть их адаптогенный потенциал и разработать новые эффективные методы терапии хронической усталости.

Список литературы

1. Huo Y.S., Huo H., Zhang J. The contribution of deer velvet antler research to the modern biological medicine // *Chin. J. Integr. Med.* 2014. Vol. 20. P. 723–728. DOI: 10.1007/s11655-014-1827-1.
2. Sui Z., Zhang L., Huo Y., Zhang Y. Bioactive components of velvet antlers and their pharmacological properties // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2014. Vol. 87. P. 229–240. DOI: 10.1016/j.jpba.2013.07.044
3. Xia P., Liu D., Jiao Y., Wang Z., Chen X., Zheng S., Fang J., Hao L. Health effects of peptides extracted from deer antler // *Nutrients*. 2022. Vol. 14. № 19. P. 41–83. DOI: 10.3390/nu14194183.
4. Меерсон Ф.З. Основные закономерности индивидуальной адаптации. В кн.: Физиология адаптивных процессов. М.: Наука, 1986. С. 10–76.
5. Гейн С.В., Шаравьева И.Л. Иммуномодулирующие эффекты холодового стресса // *Успехи современной биологии*. 2018. Т. 138. № 3. С. 243–250. DOI: 10.7868/S004213241803002X.
6. Гостюхина А.А., Зайцев К.В., Замощина Т.А., Светлик М.В., Жукова О.Б., Абдулкина Н.Г., Зайцев А.А., Воробьев В.А. Способ моделирования физического переутомления у крыс в условиях десинхроноза // Патент РФ № 2617206 С2. Патентообладатель ФГБУ СибФНKC ФМБА России. 2017. Бюл. № 12.
7. Ivinkis A. A study of validity of open-field measures // *Austral. J. Psychol.* 1970. Vol. 22. P. 175–183.
8. Histochemical and cytochemical methods of visualization / ed. J.M. Exbraya. Boca Raton: CRC Press, 2013. 367 p. DOI: 10.1201/b14967.
9. Rojas-Carvajal M., Brenes J.C. Acute stress differentially affects grooming subtypes and ultrasonic vocalisations in the open-field and home-cage test in rats // *Behav. Processes*. 2020. Vol. 176. P. 104–140. DOI: 10.1016/j.beproc.2020.104140.
10. Гостюхина А.А., Замощина Т.А., Зайцев К.В., Гутор С.С., Жукова О.Б., Светлик М.В., Абдулкина Н.Г., Зайцев А.А. Адаптивные реакции крыс в условиях световых десинхронозов и физического переутомления // *Бюллетень сибирской медицины*. 2018. Т. 17, № 3. С. 22–34. DOI: 10.20538/1682-0363-2018-3-22–34.
11. Беляев Н.Г., Пономаренко Д.Г., Губарева Л.И., Лисова И.М. Морфофункциональная характеристика надпочечников самок крыс в условиях адаптации к интенсивным мышечным нагрузкам и приема сывороточных белков // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2017. Т. 12. Вып. 4. С. 435–439. DOI: 10.14300/mnnc.2017.12122.
12. Радько С.В., Дулепов А.Д. Влияние сукцинатсодержащих препаратов на физическую работоспособность и восстановление после нагрузок // *Фармакокинетика и фармакодинамика*. 2019. № 1. С. 3–8. DOI: 10.24411/2587-7836-2019-10032.
13. Хабибуллин Р.М., Миронова И.В., Хабибуллин И.М. Применение адаптогенов растительного и животного происхождения на фоне повышенной физической нагрузки в тесте «плавание» // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2022. № 1. С. 229–233. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_1_249_229.
14. Петровский А.К., Петровская А.Ю., Косенко М.В., Андреева Л.А., Смирнов Н.А., Федоров В.Н. Адаптогенная активность семакса и селанка: экспериментальное исследование // *Медицинский альманах*. 2017. № 1 (45). С. 114–118.
15. Мартынов Ю.С., Лебедева Л.А., Шендерович М.П., Соков Е.Л., Малкова Е.В., Ноздрюхина Н.В., Борисова Н.Ф., Шувакина Н.А., Мансур Н.Ю., Мансур Т.И. Реабилитация в неврологии: состояние и перспективы // *Вестник РУДН. Серия: Медицина*. 2007. № 3. С. 71–76.

УДК 612.821-057

ОСОБЕННОСТИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Сингур В.В., Кадырова К.В., Балацкая Е.В.,
Андреев Е.А., Сингх М., Кувшинов Д.Ю.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кемерово,
e-mail: vlasha.singur@mail.ru

Сейчас высокий ритм жизни и прогресс во всех областях профессий вызывает у многих специалистов в своей сфере сомнения в себе и тревогу, которые являются первичными стадиями развития эмоционального выгорания; последующие проявления этого состояния приводят к разнообразным нарушениям работы организма: утомляемости, стрессу, бессоннице, снижению энергетического тонуса, упадку сил, снижению работоспособности. Синдром эмоционального выгорания может распространяться на людей разного возраста и с разным опытом работы. Начальные проявления отмечаются еще в студенческие годы. Цель исследования – оценить эмоциональное выгорание студентов-медиков, обучающихся на разных факультетах. Материалы исследования – опрос «Подвержены ли Вы риску эмоционального выгорания», в котором приняли участие студенты первого и второго курсов лечебного, стоматологического и педиатрического факультетов КемГМУ. Студентам нужно было внимательно прочитать вопросы анкеты и выбрать один вариант ответа, который они посчитают наиболее подходящим. После получения всех ответов был рассчитан суммарный балл по каждому студенту. Анализ результатов опроса показал, что студенты второго курса лечебного факультета более подвержены эмоциональному выгоранию, чем студенты педиатрического и стоматологического факультетов первого и второго курсов. Кроме этого, девушки чаще сталкиваются с эмоциональным выгоранием, чем юноши. Изучены способы справиться с эмоциональным выгоранием, показана значимость мер, направленных на снижение уровня стресса в повседневной жизни студентов. Необходимы всесторонняя оценка воздействия и комплексное решение проблемы эмоционального выгорания, включающее поддержку со стороны психологов.

Ключевые слова: эмоциональное выгорание, студенты медицинских вузов, эмоциональная нагрузка, утомление, самооценка, сон

FEATURES OF EMOTIONAL BURNOUT AMONG MEDICAL STUDENTS OF VARIOUS FIELDS OF STUDY

Singur V.V., Kadyrova K.V., Balatskaya E.V.,
Andreev E.A., Singkh M., Kuvshinov D.Yu.

Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Kemerovo, e-mail: vlasha.singur@mail.ru

Nowadays, the fast pace of life and progress in all areas of professions cause many specialists in their field to doubt themselves and worry, which are the primary stages of emotional burnout; subsequent manifestations of this condition lead to various disorders of the body: fatigue, stress, insomnia, decreased energy tone, loss of strength, decreased performance. The syndrome of emotional burnout can spread to people of different ages and different work experience. Initial manifestations are noted in student years. The purpose of the study is to assess the emotional burnout of medical students studying at different faculties. The study materials are a survey “Are You at risk of emotional burnout?”, in which first- and second-year students of the medical, dental and pediatric faculties of KemSMU took part. Students needed to carefully read the questions of the questionnaire and choose one answer that they considered the most suitable. After receiving all the answers, the total score for each student was calculated. The analysis of the survey results showed that second-year students of the medical faculty are more susceptible to emotional burnout than first- and second-year students of the pediatric and dental faculties. In addition, women are more likely to face emotional burnout than men. The methods of coping with emotional burnout were studied, the importance of measures aimed at reducing the level of stress in the daily life of students was shown. A comprehensive impact assessment and a comprehensive solution to the problem of emotional burnout, including support from psychologists, are needed.

Keywords: emotional burnout, medical students, emotional stress, fatigue, self-esteem, sleep

Введение

Выгорание – это психический синдром, включающий эмоциональное истощение и снижение личных достижений, возникающий среди людей из определенного окружения [1]. Синдром эмоционального выгорания у студентов-медиков проявляется во внутренних и внешних изменениях.

К внешнему фактору относятся социально-психологические особенности деятельности и учебной среды, большой объем учебного материала, адаптация, восприятие ситуаций во время практики. К внутренним факторам относятся повышенное восприятие и эмпатия, что связано со спецификой профессии [2].

Цель исследования – оценить эмоциональное выгорание студентов-медиков, обучающихся на разных факультетах.

Материалы и методы исследования

В опросе «Подвержены ли Вы риску эмоционального выгорания» приняли участие 456 чел., из них 228 девушек и 228 юношей – студентов первого и второго курсов лечебного, стоматологического и педиатрического факультетов КемГМУ.

Студентам нужно было внимательно прочитать вопросы анкеты и выбрать один вариант ответа, который они посчитают наиболее подходящим:

1. +2 – всегда или обычно так;
2. +1 – иногда случается;
3. 0 – не уверен в ответе;
4. -1 – бывает редко;
5. -2 – нет, никогда.

С учетом знака«+» или«-» подсчитывается сумма баллов.

Если сумма получилась меньше или равна 0, у студента нет эмоционального выгорания.

Результат от 0 до +10 – студент находится в группе риска. Необходимо предпринять профилактические меры: больше общаться со своими друзьями, вводить полезные привычки, стараться отдыхать и по возможности добавлять разнообразие в свою работу.

Результат от +11 до +20 – свидетельствует о проявлении эмоционального выгорания, следует уделить внимание своему образу жизни. Постарайтесь оценить, почему результат получился именно такой и что можно предпринять, чтобы изменить ситуацию. Может помочь чтение книг по психологии или, возможно, Вам потребуется консультация психолога.

Результат от +21 до +35 баллов – Вам необходима консультация специалиста по подбору оптимального режима жизни и работы. Велика вероятность того, что синдром эмоционального выгорания уже проявляется у Вас в виде плохого самочувствия.

Свыше 35 баллов – надо немедленно менять сферу деятельности, иначе это грозит Вам серьезными нарушениями вашего состояния. Консультация специалиста в данном случае обязательна [3].

Во время проведения опроса учитывались критерии: отсутствие менструации у девушек, не в период сессии, студенты не болели ОРВИ и хроническими заболеваниями, ухудшающими жизнедеятельность. 196 чел. курят сигареты (электронные сигареты), 260 чел. не курят.

Приведем пример содержания анкеты, включающей шесть заданий, разработанных в соответствии с данными требованиями:

1. Я уверен, что от меня ничего в жизни не зависит, человек – жертва обстоятельств.

- 1) Всегда или обычно так
- 2) Иногда случается
- 3) Не уверен в ответе
- 4) Бывает редко
- 5) Нет, никогда

2. С каждым днем учиться мне все труднее и труднее.

- 1) Всегда или обычно так
- 2) Иногда случается
- 3) Не уверен в ответе
- 4) Бывает редко
- 5) Нет, никогда

3. Я никак не могу сосредоточиться на важных делах.

- 1) Всегда или обычно так
- 2) Иногда случается
- 3) Не уверен в ответе
- 4) Бывает редко
- 5) Нет, никогда

4. Мне кажется, я теряю интерес к жизни.

- 1) Всегда или обычно так
- 2) Иногда случается
- 3) Не уверен в ответе
- 4) Бывает редко
- 5) Нет, никогда

5. У меня болит голова.

- 1) Всегда или обычно так
- 2) Иногда случается
- 3) Не уверен в ответе
- 4) Бывает редко
- 5) Нет, никогда

6. Мне трудно уснуть вечером и трудно проснуться утром.

- 1) Всегда или обычно так
- 2) Иногда случается
- 3) Не уверен в ответе
- 4) Бывает редко
- 5) Нет, никогда

После подсчета индивидуальных баллов была составлена сводная таблица, математическая обработка проводилась в программе Microsoft Excel.

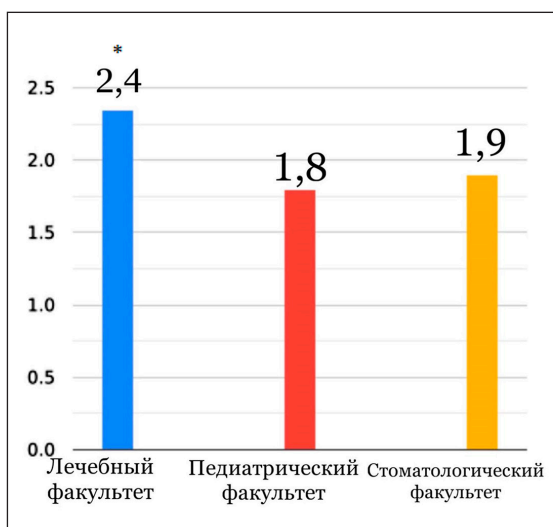
Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлены средние значения по полу и факультетам. У юношей первого курса стоматологического факультета можно отметить самый низкий уровень эмоционального выгорания (-0,7 баллов), а у девушек второго курса лечебного факультета – самый высокий (9,1 баллов). Такой результат можно объяснить тем, что у разных факультетов разная программа обучения. Студенты стоматологического факультета получают образование в течение пяти лет, студенты педиатрического и лечебного факультетов – шести, так как охватывают практически все направления медицины.

Уровень эмоционального выгорания (в баллах) по результатам опроса среди юношей и девушек первого и второго курсов лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов

	Лечебный факультет		Педиатрический факультет		Стоматологический факультет	
	1 курс	2 курс	1 курс	2 курс	1 курс	2 курс
Юноши	0,03	1	-2,5	1,76	-0,7	1,03
Девушки	-0,8	9,1	2	5,8	-0,3	7,7

Источник: составлено авторами.



Уровень эмоционального выгорания (в баллах) студентов лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов.

Примечание. * означают достоверные отличия показателей лечебного факультета от других факультетов с $p = 0,05$

Источник: составлено авторами

Будущие педиатры изучают анатомию, физиологию и патологии взрослого организма и организма детей разного возраста. В работе педиатров важно отметить сложности диагностики, так как дети часто не могут описать свои симптомы, поэтому важна внимательность. На стоматологическом факультете заостряется внимание на изучении одной области человеческого тела, а студенты лечебного факультета более углубленно изучают все, что касается взрослого организма, не забывая о детском. Будущие стоматологи должны обладать развитой мелкой моторикой и быть внимательными к деталям. Особенностью педиатрического и лечебного профиля является работа с тяжелыми и умирающими пациентами, что может сказываться на психоэмоциональном состоянии будущих врачей. Стоит отметить, что программа дисциплин у разных факультетов тоже различается.

У лечебного и педиатрического факультетов, в отличие от стоматологического, меньше уделено внимание практическим навыкам, но объем получаемой теоретической информации гораздо шире. Студентов педиатрического факультета с самого начала обучения настраивают на особенности детской психологии, а также психологии родителя, что значительно усложняет их практику.

Большое количество студентов медицинского вуза подвержено эмоциональному выгоранию, при этом самое благоприятное эмоциональное состояние наблюдается среди студентов педиатрического факультета, а самое неблагоприятное – у студентов лечебного факультета (рисунок).

Девушки чаще сталкиваются с эмоциональным выгоранием (3,9 балла), чем юноши (0,1 балла). Отношение юношей и девушек к учебе – сложная тема, зависящая от множества факторов, и утверждать о каких-то существенных и универсальных различиях некорректно. Однако некоторые тенденции и стереотипы существуют, хотя они не являются абсолютными и меняются со временем и в зависимости от культуры и социально-экономического контекста. Существуют стереотипы о различном стиле обучения у юношей и девушек. Например, считается, что девушки чаще используют запоминание, а юноши – понимание и анализ. Мотивация к учебе может быть различной у юношей и девушек из-за разных социальных ожиданий и ролевых моделей. Девушки могут быть более ориентированы на получение хороших оценок и соответствие ожиданиям окружающих, в то время как юноши могут быть более ориентированы на практическое применение знаний. Однако это также не является универсальным правилом. Мотивация зависит от множества факторов, включая семью, школу, личные цели и увлечения. Девушки и юноши по-разному выстраивают отношения с преподавателями. Девушки могут быть более склонны к сотрудничеству, участвовать в дискуссиях, задавать вопросы, в то время как юноши могут быть более независимы в своем обучении [4].

Уровень самооценки может влиять на отношение к учебе. Студенты с высокой самооценкой верят в свою способность успешно справляться с учебными задачами. Они считают себя способными к обучению, что повышает их уверенность в достижении поставленных целей. Люди с высокой самооценкой лучше переносят критику, так как не воспринимают ее как личное оскорбление, они анализируют критику конструктивно и используют ее для улучшения своих знаний и навыков.

Низкая самооценка порождает сомнения в своей способности успешно учиться. Такие студенты могут считать себя недостаточно умными или талантливыми, что снижает их веру в возможность достижения успеха. Неуверенность в себе приводит к пассивному участию в учебном процессе. Студенты могут препятствовать своему успеху, например, пропуская занятия или не готовясь к экзаменам, так как считают, что все равно не смогут добиться хороших результатов [5].

На вопрос «Мне трудно уснуть вечером и трудно проснуться утром» девушки чаще юношей отвечали «всегда или обычно так» (75% девушек и 52% юношей). На вопрос «Меня все время что-то тревожит» девушки чаще юношей выбирали ответ «Всегда или обычно так» (66% девушек и 43% юношей). Это можно объяснить повышенным чувством ответственности у девушек. Различия между процентами не так велики, и это подтверждается тем, что в университете, в отличие от школы, юноши лучше преуспевают по учебной программе.

Эмоционального выгорания можно избежать, для этого существует множество доступных способов. Например, обычный уход за собой, включающий в себя достаточный сон, регулярные физические нагрузки, медитации, прогулки на свежем воздухе и время для восстановления сил, позволит снизить уровень стресса в повседневности [6]. Студенты-медики должны активно обращаться за поддержкой к друзьям, родственникам, наставникам, преподавателям или специалистам в области психического здоровья, если чувствуют в этом необходимость, не боясь просить о помощи. Эффективное распределение времени и расстановка приоритетов помогут студентам избежать чувства перегруженности. С этой целью можно использовать ежедневники, разделение больших задач на мелкие, различные приложения для тайм-менеджмента, дневники, составление расписания и т.д. Исследования показывают, что внедрение программ психологического консультирования и наставничества со стороны преподава-

телей и студентов является важным шагом в предотвращении синдрома эмоционального выгорания [7]. Рекомендации Роспотребнадзора по вопросам эмоционального выгорания и его профилактики подчеркивают важность системной помощи. Следует учитывать, что поддержка студентов и медицинских работников с синдромом эмоционального выгорания может оказываться не только профессионалами (психологами, социологами, специалистами по реабилитации и др.), но и самими студентами, имеющими навыки самопомощи, которые также играют значительную роль [8]. В комплекс таких навыков может входить самоанализ, определение триггеров и разработка стратегий борьбы с ними.

Заключение

Выявлено, что студенты второго курса лечебного факультета более подвержены эмоциональному выгоранию, чем студенты педиатрического и стоматологического факультетов первого и второго курсов соответственно. У юношей менее выражены симптомы эмоционального выгорания, чем у девушек (на всех факультетах).

Список литературы

1. Александрова М.Р., Гайдарова Д.С., Пичугина Н.Н. Оценка эмоционального выгорания у студентов-медиков в процессе их обучения // Форум молодых ученых. 2018. № 2 (18). URL: https://www.forum-nauka.ru/_files/ugd/b06fdc_c9190355d34a4e0bb2805af5b4611925.pdf (дата обращения: 17.03.2025).
2. Чижкова М.Б. Личностные факторы адаптации студентов-первокурсников к образовательной среде медицинского вуза // Вестник Кемеровского государственного университета. 2021. № 23 (4). С. 1005–1015. DOI: 10.21603/2078-8975-2021-23-4-1005-1015.
3. Анкета «Подвержены ли вы риску эмоционального выгорания». [Электронный ресурс]. URL: <https://krymskcollege.ru/anketa-podverzheny-li-vy-risku-e-motcional-nogo-vygoraniya-proyti-test.html> (дата обращения: 17.03.2025).
4. Ненахова Е.В., Байкова О.А., Земскова А.В., Ахмиева А.Х. Особенности эмоционального выгорания студентов // Эпомен: медицинские науки. 2022. № 5. С. 58–66. URL: https://epomen.ru/issues/Medical_Sciences/05/7.pdf (дата обращения: 17.03.2025).
5. Ахметова А.М., Садретдинова Л.Д., Габитова Д.М., Ишмухаметова А.Н., Ильясова Т.М. Эмоциональное выгорание и признаки депрессии у студентов медицинского вуза // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. № 3. С. 312–325. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-312-325.
6. Гумбатова З.Ф.К., Аминова А.И., Ерюшова Т.Ю., Гусева С.А., Белова Е.И., Пестова А.С., Манина М.А. Взаимосвязь качества жизни и успеваемости студентов медицинского вуза // Гигиена и санитария. 2022. № 1. С. 77–82. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-1-77-82.
7. Баранова Ю.В., Герасимова В.Я. Выгорание студентов медицинских вузов // Молодой ученый. 2019. № 4 (242). С. 149–152. URL: <https://moluch.ru/archive/242/56012/> (дата обращения: 05.12.2024).
8. Гуреева И.Л., Великанов А.А. Психологические особенности синдрома эмоционального выгорания у студентов медицинских вузов // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. 2021. № 4. С. 433–442. DOI: 10.23888/humJ20214433-442.

УДК 616.322-002.2:616.15

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ТОНЗИЛЛИТА И СИНУСИТА НА ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГЕМОРРАГИЧЕСКОГО ВАСКУЛИТА

Нарматова К.К., Шабданбаева Н.Б., Бакиева К.К.

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек,
e-mail: nkaniza@mail.ru, Pitaent@mail.ru, kalyska_92@mail.ru

Хронический тонзиллит довольно часто служит основным этиологическим фактором многих тонзиллит-ассоциированных заболеваний и может быть причиной развития системных осложнений. Данная работа посвящена изучению влияния хронических очагов верхних дыхательных путей на особенности течения геморрагического васкулита. В исследование были включены пациенты с геморрагическим васкулитом и хроническими очагами инфекции в верхних дыхательных путях, проживающие в г. Бишкеке. Авторами проанализированы жалобы пациентов, данные анамнеза, осмотра ЛОР-органов, результаты клинических исследований. Для диагностики использовались общий анализ крови, мочи, биохимический анализ крови, микробиологические исследования, коагулограмма, ультразвуковые исследования. Результаты показали, что возникновению геморрагического васкулита в основном предшествовали хронические инфекционно-воспалительные заболевания пазух носа и глотки. Большинство пациентов с геморрагическим васкулитом не обращались в лечебные учреждения и не проводили своевременное лечение хронического тонзиллита, фарингита, хронического синусита. На фоне полученного лечения основного заболевания и санации хронических очагов в верхних дыхательных путях состояние пациентов значительно улучшилось и сроки нахождения их в стационаре сократились. Таким образом, из данного исследования можно сделать вывод, что позднее выявление хронических очагов верхних дыхательных путей влечет за собой возможное развитие осложнений, которые могут плохо поддаваться лечению и в целом способны привести к инвалидизации пациента.

Ключевые слова: хронический тонзиллит, геморрагический васкулит, клинический случай, консервативное лечение

THE EFFECT OF CHRONIC TONSILLITIS AND SINUSITIS ON THE COURSE OF HEMORRHAGIC VASCULITIS

Narmatova K.K., Shabdanbayeva N.B., Bakieva K.K.

Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek,
e-mail: nkaniza@mail.ru, Pitaent@mail.ru, kalyska_92@mail.ru

Chronic tonsillitis is quite often the main etiological factor of many tonsillitis-associated diseases and may be the cause of the development of systemic complications. This work is devoted to the study of the influence of chronic foci of the upper respiratory tract on the course of hemorrhagic vasculitis, which was the main purpose of the study. The study included patients with hemorrhagic vasculitis and chronic foci of infection in the upper respiratory tract in Bishkek. The authors analyzed patient complaints, anamnesis data, examination of ENT organs, and the results of clinical studies. General blood, urine, biochemical blood analysis, microbiological studies, coagulogram, and ultrasound examinations were used for diagnosis. The results showed that the occurrence of hemorrhagic vasculitis was mainly preceded by chronic infectious and inflammatory diseases of the sinuses and pharynx, most patients with hemorrhagic vasculitis did not receive treatment and did not receive timely treatment for chronic tonsillitis, pharyngitis, and chronic sinusitis. Against the background of treatment of the underlying disease and rehabilitation of chronic foci of the upper respiratory tract, the condition of patients improved significantly and the length of stay in the hospital decreased. Thus, from this study, it can be concluded that the late detection of chronic foci of the upper respiratory tract entails the possible development of complications that may be difficult to treat and may generally lead to disability of the patient.

Keywords: chronic tonsillitis, hemorrhagic vasculitis, clinical case, conservative treatment

Введение

В последние 3–4 года отмечаются значительный рост обращаемости пациентов с хроническим тонзиллитом, а также рост тонзиллит-индуцированных системных заболеваний. Возможно, тенденция хронизации тонзиллита наблюдается после коронавирусной инфекции как пускового механизма, ведущей к обострению или хронизации тонзиллита. Статистические показатели распространенности хронического тонзиллита в Кыргызстане резко различаются в зависимости от времени проведения ис-

следования, а также от региона исследования [1, с. 112; 2, с. 60].

По научно-исследовательским данным, известны более 100 различных заболеваний, причинно-следственная связь которых непосредственно обусловлена хроническим тонзиллитом. Это может быть связано с отсутствием лечения или неэффективностью лечения хронического тонзиллита, что в итоге вызывает значительные изменения внутренних органов, возникающие вследствие воздействия нервно-рефлекторных, бактериемических, токсиемических, аллергических факторов. В данном слу-

чае врачи других специальностей не учитывают патологию глотки как вероятную причину возникновения множественных заболеваний. Кроме того, необходимо заметить, что заболевания верхних дыхательных путей инициируют сопряженные болезненные состояния других органов и систем организма [3, с. 85; 4].

Исходя из вышеизложенного, необходимо отметить наличие коморбидности, которая, по данным литературы, подразумевает наличие двух и/или более заболеваний у больного, взаимосвязанных между собой этиологически и патогенетически [4]. Например, это хронический тонзиллит и геморрагический васкулит в различных клинических формах. Известно, что коморбидность может оказывать воздействие на прогноз и качество жизни пациента, содействовать увеличению нахождения пациента в стационаре, а также способна привести к инвалидизации, к обрыву процесса реабилитации и повышать количество осложнений. В данной статье продемонстрированы клинические проявления и течение хронического тонзиллита с коморбидной патологией – геморрагическим тонзиллитом [5, с. 48].

Лечение сопряженных патологий, имеющих единую антигенную связь, как при хроническом тонзиллите в сочетании с геморрагическим васкулитом, без санации очагов хронической инфекции не дает предполагаемого эффекта, болезнь может приобретать распространенный характер с частыми рецидивами.

По литературным данным, геморрагический васкулит имеет три общих антигена с хроническим тонзиллитом: В 27, Сw2, Сw6 [6, с. 54; 7].

По недавно опубликованным данным, геморрагический васкулит относится к полиэтиологическим заболеваниям [8], особую роль отводят инфекционному началу, в особенности стрептококковой инфекции.

Имеются исследования авторов, свидетельствующие о том, что геморрагический васкулит формируется на фоне хронических очагов инфекции (таких как хронический тонзиллит, синуситы, кариес зубов, хронический бронхит), которые приводят к сенсibilизации организма [8; 9, с. 20; 10].

Целью исследования явилось изучить влияние хронических очагов инфекции верхних дыхательных путей на течение геморрагического васкулита.

Материалы и методы исследования

В соответствии с поставленной целью, под наблюдением авторов были 16 пациентов (10 мужчин и 6 женщин), находящихся на стационарном лечении в отделении нефрологии Национального госпиталя г. Бишкека в 2022–2024 гг. В исследовании принимали участие взрослые пациенты – от 19 до 50 лет. Все пациенты поступали в стационар в активный период болезни (при впервые возникшем остром течении или обострении хронического течения). Провоцирующими факторами у обследованных нами пациентов были: в 45,2% случаев – острые респираторные заболевания, у 54,8% пациентов выявлены очаги хронической инфекции (хронический тонзиллит (ХТ), гайморит, кариес зубов, холецистит, пиелонефрит и т.д.).

Из 16 пациентов у 14 пациентов имелись геморрагический васкулит и хронические заболевания верхних дыхательных путей, у 2 пациентов – острый гломерулонефрит, геморрагический васкулит, одонтогенный верхнечелюстной синусит и хронический тонзиллит.

Авторы не включали в исследование беременных и кормящих женщин. Исследование пациентов включало сбор жалоб и анамнеза заболевания и жизни, при опросе уделяли особое внимание длительности и степени выраженности симптомов хронического тонзиллита, их взаимосвязи с сопряженными заболеваниями (таблица).

Клиническая форма ХТ и возрастная структура пациентов в группах сравнения

Возраст, годы	Мужчины (n=10)		Женщины (n=6)	
	Хронический компенсированный тонзиллит (n=4)	Хронический декомпенсированный тонзиллит (n=8)	Хронический компенсированный тонзиллит (n=2)	Хронический декомпенсированный тонзиллит (n=2)
	Абс. число, %	Кол-во, %	Абс. число, %	Кол-во, %
19–29	2 (50%)	5 (62,5%)	0	1 (50%)
30–40	1 (25%)	2 (25%)	1 (50%)	1 (50%)
41–50	1 (25%)	1 (12,5)	1 (50%)	0
Итого	4	8	2	2

Пациентам проводили плановое обследование перед началом лечения и в период динамического наблюдения, применяли клинико-диагностические методы обследования: общеклинические лабораторные анализы, стандартный осмотр и эндоскопический осмотр ЛОР-органов, а также проводили сбор жалоб и анамнеза при помощи анкетирования.

У пациентов были отмечены клинические признаки острого течения гломерулонефрита, геморрагического васкулита. Всем 16 пациентам было проведено исследование ЛОР-органов на предмет хронического очага инфекции (передняя риноскопия, задняя риноскопия, фарингоскопия, отоскопия, непрямая ларингоскопия). Фарингоскопическую картину оценивали в зависимости от степени выраженности основных клинических проявлений состояние слизистой оболочки нёбных миндалин и близлежащих органов: степень гипертрофии нёбных миндалин, гиперемии нёбных дужек, наличие казеозных масс, а также рубцовые изменения ткани миндалин.

Компенсированную форму хронического тонзиллита установили у 6 пациентов: у них были жалобы на частые боли в горле, усиливающиеся при глотании, ощущение першения и инородного тела в ротоглотке, сухость, периодический или постоянный беспричинный сухой кашель, неприятный запах изо рта, ощущение крупинки на языке.

При фарингоскопическом осмотре были выявлены: разрыхленность ткани нёбных миндалин, их бугристость, сращение с нёбными дужками, широкие лакуны, казеозные пробки в лакунах, нагноившиеся субэпителиальные фолликулы нёбных миндалин, положительные симптомы Гизе, Зака и Преображенского.

Декомпенсированная форма хронического тонзиллита установлена у 10 пациентов – диагностирована при наличии вышеперечисленных признаков, а также имелись жалобы на общую слабость, ощущение постоянного недомогания, снижение работоспособности, ангины в анамнезе до 6–8 раз в год, перебои в работе сердца, нерезкие болевые ощущения или ощущение давления в области регионарных лимфатических узлов, боли в суставах.

Объективная картина при декомпенсированной форме хронического тонзиллита показала увеличение регионарных подчелюстных, верхнебоковых шейных лимфатических узлов, расположенных вдоль переднего края грудино-ключично-сосцевидной мышцы.

Для того чтобы выявить возбудителя воспалительного очага и определить его чувствительность к антимикробным пре-

паратам, проведено бактериологическое исследование материала из зева и с поверхности нёбных миндалин. Забор мазков с поверхности нёбных миндалин и задней стенки глотки проводили с помощью стерильного тампона. Полученный образец был погружен в питательную среду и отправлен в лабораторию для микроскопии и культурального бактериологического исследования материала, а также определения чувствительности к антибиотикам.

Результаты исследования и их обсуждение

При компенсированной форме хронического тонзиллита у 85,4% пациентов были жалобы только на незначительные боли в горле или боли отсутствовали, не замечали образование или наличие казеозных масс в миндалинах 56,5% пациентов, ихорозный запах изо рта отметили 63,3% пациентов.

Из анамнеза были также получены минимальные данные при компенсированной форме хронического тонзиллита. У большинства пациентов (57,6%) ангины были только в детстве или менее 1 раза в год.

При оценке фарингоскопической картины у пациентов с хроническим тонзиллитом компенсированной формой авторы получили следующие результаты.

1. Гипертрофия нёбных миндалин: нет гипертрофии – 1 пациент; гипертрофия 1-й степени – 2 пациента; гипертрофия 2-й степени – 3 пациента.

2. Казеозные пробки: не было пробок – 3 пациента; пробки при надавливании шпателем – 2 пациента; единичные казеозные пробки – 1 пациент.

3. Гиперемия нёбных дужек: отсутствие гиперемии – 1 пациент; гиперемия передних нёбных дужек – 3 пациента; гиперемия и утолщения передней и задней дужек – 2 пациента.

4. Рубцовые изменения миндалин: нет рубцовых сращений – 1 пациент; незначительные сращения с капсулой миндалины – 3 пациента; сращение с передней или задней дужкой – 1 пациент; значительные рубцовые сращения с капсулой и дужками – 1 пациент.

Оценка фарингоскопической картины у пациентов с хроническим тонзиллитом декомпенсированной формы

1. Гипертрофия нёбных миндалин: нет гипертрофии – 4 пациента; гипертрофия 1-й степени – 3 пациента; гипертрофия 2-й степени – 3 пациента.

2. Казеозные пробки: не было пробок – 3 пациента; пробки при надавливании шпателем – 4 пациента; единичные казеозные пробки – 3 пациента.

3. Гиперемия нёбных дужек: отсутствие гиперемии – 2 пациента; гиперемия передних нёбных дужек – 6 пациентов; гиперемия и утолщения передней и задней дужек – 2 пациента.

4. Рубцовые изменения миндалин: нет рубцовых сращений – 1 пациент; незначительные сращения с капсулой миндалины – 3 пациента; сращение с передней или задней дужкой – 5 пациентов; значительные рубцовые сращения с капсулой и дужками – 1 пациент.

На основании представленных клинических проявлений и данных локальной картины можно заключить, что у пациентов с хроническим тонзиллитом в сочетании с геморрагическим васкулитом и заболеванием почек обострения хронического тонзиллита протекали скрыто, без классической формы острой ангины, в связи с чем пациенты не обращались за медицинской помощью и, соответственно, не проводилась антибактериальная терапия. Как следствие, возможно развитие патологии почек, сосудов.

Результаты лабораторных исследований у пациентов с декомпенсированной формой хронического тонзиллита показали выраженные изменения в уровне лейкоцитов в периферическом анализе крови, СОЭ, АСЛО, белок в моче. Срединное значение уровня лейкоцитов составило $7,0 \times 10^9/\text{л}$ (95% ДИ 6,2–9,3 ($10^9/\text{л}$)), максимальное же значение составило $19,7 \times 10^9/\text{л}$. Срединное значение СОЭ 16 мм/час (Q1–Q3 8–28 мм/час) при максимальном показателе 64 мм/час. Срединное значение уровня антистрептолизина-О составило 260 Ед/мл 95% (Q1–Q3 220–850 Ед/мл). Медиана уровня белка в моче составила 1,100 г/л (Q1–Q3 0,492–2,100), а его максимальное значение – 7,200 г/л.

Бактериологические исследования содержимого из крипт нёбных миндалин в обеих группах хронического тонзиллита свидетельствовали о наличии бактерий, выявлялись *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenzae*, часто встречались ассоциации β -гемолитического стрептококка и золотистого стафилококка (у 6 пациентов при хроническом декомпенсированном тонзиллите, у 2 пациентов при компенсированной форме).

После улучшения общего состояния больных в стационаре оториноларингологом проведен курс промывания лакун миндалин растворами антисептиков и антибиотиков в количестве 5 процедур, а также 2 пациентам с хроническим двухсторонним верхнечелюстным синуситом, декомпенсированным тонзиллитом и геморрагическим

васкулитом несколько раз проведена санация верхнечелюстных пазух. Пациенты получали также терапию по основному заболеванию (глюкокортикостероиды, антибиотики и т.д.).

Следует заметить, что у пациентов с хроническими очагами инфекции в верхних дыхательных путях и геморрагическим васкулитом на фоне лечения хронических очагов отмечилось улучшение клинико-лабораторных данных. После выполненных пяти процедур промывания лакун с введением лекарственных веществ при фарингоскопии отмечено уменьшение воспаления в лакунах миндалин, размер миндалин уменьшился почти у всех пациентов. Положительный результат проявился в виде смягчения клинической картины, улучшения лабораторных показателей.

Клинический пример. Пациент А., 28 лет, обратился к терапевту с жалобами на общую слабость, отеки на ногах и лице, быструю утомляемость, наличие сыпи на ногах, частое першение в горле, слизисто-гнойные выделения из левой половины носа с неприятным запахом. Со слов пациента, с детства были частые ангины (до 7–8 раз в год), около 6 месяцев беспокоили гнойные выделения из носа с неприятным запахом. Ранее никогда к оториноларингологу не обращался и лечения не получал. В октябре 2024 г. после перенесенной ангины отметил резкое ухудшение состояния. На основании клинических данных, биохимических анализов крови, анализа мочи, объективных данных больной был госпитализирован в отделение нефрологии Национального госпиталя г. Бишкека. Пациент был консультирован ЛОР-врачом в связи с жалобами на выделения из левой половины носа с неприятным запахом в течение 6 месяцев, частые ангины.

При фарингоскопии нёбные миндалины нормотрофичны, определяются значительные рубцовые сращения с капсулой и дужками, выраженная гиперемия и инфильтрация нёбных дужек, казеозные пробки в миндалинах в большом количестве, кариес верхнего премоляра слева. В мазке из зева на флору определена ассоциация β -гемолитического стрептококка и золотистого стафилококка. При передней риноскопии слева отмечаются гиперемия и отечность слизистой оболочки средней и нижней носовой раковины, выделение гнойного экссудата из-под свободного края средней раковины.

На рентгенограмме придаточных пазух носа выявляются затемнение левой верхнечелюстной пазухи и наличие горизонтального уровня жидкости.

Был выставлен клинический диагноз: фокально-некротизирующий гломерулонефрит. Геморрагический васкулит. Хронический тонзиллит. Одонтогенный верхнечелюстной синусит слева. Больному проведена пункция левой гайморовой пазухи, был получен обильный гной с неприятным запахом, в большом количестве, пазуха далее промыта антисептиком и антибиотиками (3 процедуры). После санации верхнечелюстной пазухи слева проведен курс промывания лакун миндалин с введением лекарственных веществ (5 процедур). После ликвидации хронических очагов верхних дыхательных путей отмечена положительная динамика в виде улучшения общего состояния больного, появления аппетита, уменьшения чувства слабости. Отмечено также улучшение и лабораторных показателей. В анализах крови: креатинин до санации 735 мкмоль/л, после санации 435 мкмоль/л. На фоне комплексного лечения в стационаре в течение 3 недель отмечено улучшение клинико-лабораторных показателей. Больной был выписан из отделения нефрологии в удовлетворительном состоянии, с рекомендацией наблюдения и лечения у нефролога, гематолога и оториноларинголога и проведения хирургического лечения – тонзилэктомии.

Заключение

Таким образом, необходимо заметить, что развитие сопряженных с хроническим тонзиллитом заболеваний, скорее всего, связано с поздней обращаемостью за медицинской помощью пациентов с хроническими очагами ЛОР-органов, а также зубочелюстной системы. Такие дремлющие хронические очаги инфекции в период обусловленной иммуносупрессии могут активизироваться и плохо поддаваться лечению, способны привести к инвалидизирующим осложнениям. В связи с этим с целью предотвращения тонзиллит-индуцированных

осложнений необходимо выполнить полный спектр обследований при комплексном осмотре врачами других специальностей.

Список литературы

1. Зайцева Т.С., Нестерова А.А., Нестерова К.И., Миракян Р.Г., Лесных А.А., Еремченко В.О., Волосникова А.Р., Ермолаева М.В., Терре В.В. Современный взгляд на тонзиллогенные заболевания – *iga-нефропатию* и *геморрагический васкулит* – и влияние тонзиллэктомии на их течение // *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2024. Т. 30, № 2. С. 113-120.
2. Оганов Р.Г., Симаненков В.И., Бакулин И.Г., Бакулина Н.В. Коморбидная патология в клинической практике: алгоритмы диагностики и лечения // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2019. № 18 (1). С. 5–66.
3. Прохоров Е.В., Пшеничная Е.В., Астафьева Е.В. Инфекционные триггеры и их роль в патогенезе геморрагического васкулита и связанного с ним гломерулонефрита // *Архив клинической и экспериментальной медицины*. 2023. Т. 32, № 1. С. 86-90.
4. Пальчун В.Т., Гуров А.В., Гусева О.А. Патогенетические особенности формирования хронической тонзиллярной патологии // *Вестник оториноларингологии*. 2018. № 83(2). С. 30–33.
5. Завалий М.А., Кедровский Д.М., Орел А.Н., Крылова Т.А., Асанова Л.Д. Коморбидные состояния у пациентов с хроническим тонзиллитом // *Российская оториноларингология*. 2022. Т. 21, № 6 (121). С. 44-53.
6. Кадылбекова З.М., Ахметолла Д.Т., Сулейменов А.К. Болезнь шенлейна-геноха у детей: некоторые аспекты клиники, диагностики и лечения // *Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях. Осложнения и неблагоприятные последствия травм. Инновационные подходы в организации медицинской помощи и лечении пострадавших. Сборник тезисов IX Национального конгресса с международным участием*. Санкт-Петербург, 2024. С. 53-55.
7. Песчаный В.Г. Лечебно-диагностический алгоритм у детей с риском развития тонзиллогенных осложнений // *Национальное здоровье*. 2021. № 4. С. 101-105.
8. Черикчиева А.Б. Геморрагический васкулит у детей // *Наука и новые технологии*. 2009. № 4. С. 91-93.
9. Легкова Ю.В. Выбор тактики лечения хронического тонзиллита у пациентов с *iga-нефропатией*: дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2023. 154 с.
10. Талыбова Дж.Х., Новрузова М.С., Гурбанова С.Ф., Гасимова М.Ч., Алиева Г.Ч. Этиотропное лечение тонзиллофарингитов у детей при условиях антибиотикорезистентности // *Sciences of Europe*. 2025. № 157 (157). С. 32-36.

СТАТЬИ

УДК 004.78

**АРХИТЕКТУРНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ
ИНТЕГРАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С СИСТЕМАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ**^{1,2}Буряков А.А.

¹Федеральное государственное автономное учреждение
«Научно-исследовательский институт “Восход”», Москва;
²ФГБОУ ВО «Российский технологический университет МИРЭА»,
Москва, e-mail: alex_buryakov@mail.ru

Статья посвящена исследованию современных архитектурных подходов к модернизации интеграционного модуля, обеспечивающего взаимодействие государственных информационных систем с техническими службами поддержки. Актуальность исследования обусловлена существенным ростом нагрузки на системы, усложнением масштабирования и увеличением требований к надежности и гибкости функционирования информационной инфраструктуры государственных учреждений и ведомств. Цель исследования заключалась в определении оптимальных архитектурных решений для повышения эффективности работы интеграционного модуля. В качестве материалов использовались нормативные и технические документы, научные публикации, монографические труды и результаты экспертных оценок. Применялись методы сравнительного анализа различных архитектурных моделей, таких как микросервисная архитектура, корпоративная шина данных и единая точка доступа к программным интерфейсам, а также анализ протоколов обмена информацией с учетом особенностей передачи данных. Результаты исследования показывают, что наиболее эффективным подходом является сочетание оптимальной архитектуры, современных протоколов взаимодействия и механизмов отказоустойчивости. Это позволяет существенно повысить надежность, масштабируемость и скорость работы системы. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования предложенной методики при модернизации аналогичных государственных информационных систем, что способствует их устойчивости, оперативности и соответствию современным требованиям информационной безопасности.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, ESB, API Gateway, SOAP, REST, gRPC, отказоустойчивость, OpenTelemetry

**ARCHITECTURAL APPROACHES TO THE MODERNIZATION
OF INTEGRATION MODULES FOR INTERACTION
WITH TECHNICAL SUPPORT SYSTEMS**^{1,2}Buryakov A.A.

¹Federal State Autonomous Institution «Scientific Research Institute “Voskhod”», Moscow;
²Russian Technological University MIREA, Moscow, e-mail: alex_buryakov@mail.ru

Article is devoted to the study of modern architectural approaches to the modernization of the integration module, which ensures the interaction of the government information systems with technical support services. The relevance of the study is determined by the significant increase in systems load, the complications in scaling, and the rising demands for the reliability and flexibility of the information infrastructure in government agencies and departments. The aim of the study was to determine the optimal architectural solutions to improve the efficiency of the integration module. Regulatory and technical documents, scientific publications, monographs, and the results of expert evaluations were used as materials. Methods of comparative analysis were applied to various architectural models, such as microservice architecture, enterprise service bus, and a unified access point to application programming interfaces, as well as to an analysis of data exchange protocols that takes into account the specific features of data transmission. The findings indicate that the most effective approach involves combining optimal architecture, modern interaction protocols, and fault tolerance mechanisms. This significantly improves system reliability, scalability, and operational efficiency. The practical significance of this study lies in the potential application of the proposed methodology to modernize similar government information systems, ensuring their stability, responsiveness, and compliance with contemporary information security standards.

Keywords: microservices, ESB, API Gateway, SOAP, REST, gRPC, fault tolerance, OpenTelemetry

Введение

Описываемая государственная информационная система (ГИС) предназначена для повышения качества взаимодействия информационных систем, входящих в инфраструктуру, обеспечивающую информационно-технологическое взаимодействие информационных систем, используемых для предоставления государственных и муниципальных услуг и исполнения госу-

дарственных и муниципальных функций в электронной форме (далее – инфраструктура взаимодействия), и информационных систем, использующих инфраструктуру взаимодействия, а также для обеспечения управления качеством обслуживания пользователей инфраструктуры взаимодействия, непрерывностью и доступностью услуг и сервисов инфраструктуры взаимодействия, формирования отчетности о ее

работе, управления информационной безопасностью и управления инцидентами в работе инфраструктуры взаимодействия. Управление непрерывностью и доступностью услуг и сервисов реализуется за счет комплексного мониторинга и оперативного управления информационными ресурсами в рамках государственных услуг и внутренних процессов. Система обрабатывает большой поток данных от различных источников, обеспечивает взаимодействие между подразделениями и внешними организациями, включая службы технической поддержки (СТП).

Современные государственные информационные системы становятся все более распределенными и сложноорганизованными структурами, где интеграционные модули являются одним из ключевых элементов. От их эффективности и производительности напрямую зависят оперативность реагирования на возникающие инциденты и скорость межведомственного взаимодействия. Внедрение новых сервисов, рост числа обращений и необходимость оперативной обработки больших массивов информации требуют постоянного совершенствования интеграционных механизмов, а также адаптации системы под новые технологические и регламентные требования.

В условиях постоянно растущей сложности государственных информационных систем, жестких требований к их надежности и масштабируемости, а также стремительного увеличения объема обращений возникает необходимость в эффективной и гибкой интеграции с СТП. Термин «модернизация» используется в общепринятом смысле: «комплекс мероприятий по обновлению и доработке существующих компонентов ГИС (программного обеспечения (ПО), технических средств, организационной документации) с целью повышения эффективности их применения» [1].

В случае ГИС модернизация может включать обновление интеграционного модуля, усиление серверных мощностей или оптимизацию нормативно-правовой и методической базы – в зависимости от целей и приоритетов проекта.

Актуальность работы обусловлена тем, что без своевременного обновления интеграционного модуля повышаются риски сбоев, затрудняется масштабирование и усложняется обслуживание системы в целом.

Цель исследования – выявить оптимальные архитектурные решения и технологические подходы к модернизации интеграционного модуля, позволяющие повысить эффективность взаимодействия ГИС с системами техподдержки.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили компоненты распределенной интеграционной системы технической поддержки и управления интеграционными и аналитическими сервисами ГИС. В работе были использованы нормативные и технические документы, научные статьи и монографии по вопросам архитектуры информационных систем и протоколов взаимодействия. В работе применялись методы сравнительного анализа для оценки архитектурных решений и протоколов (SOAP, REST, gRPC), обобщения и системного подхода при формулировке выводов.

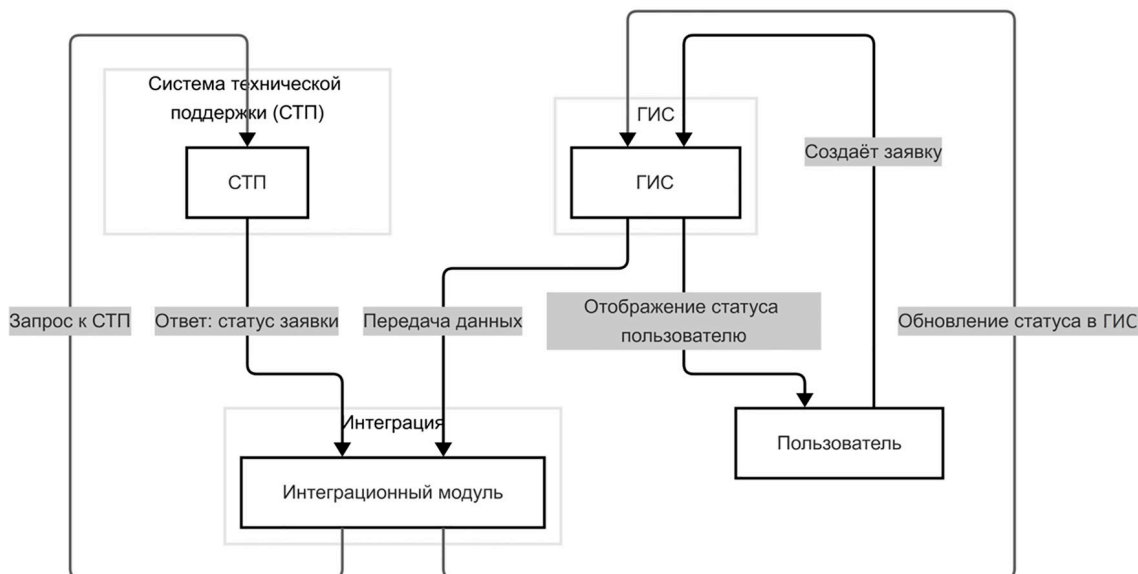
Также изучался опыт аналогичных государственных информационных систем, что позволило выявить практические проблемы и типовые ошибки, которые возникают при модернизации интеграционных решений в государственных учреждениях и ведомствах. Важной частью методологии стало также моделирование работы системы при различных уровнях нагрузки с использованием специализированного программного обеспечения, что позволило дать объективную оценку преимуществ и недостатков каждого подхода, представленного в статье.

Результаты исследования и их обсуждение

Предназначение интеграционного модуля и обоснование необходимости его модернизации

Обработка обращений пользователей к ГИС проходит несколько этапов. Пользователи (внутренние или внешние) формируют обращения или инциденты. ГИС принимает запросы и передает их в интеграционный модуль. Интеграционный модуль обеспечивает связь с системой техподдержки: создает, обновляет и отслеживает заявки, а также возвращает результаты обработки назад в ГИС. Обобщенная схема взаимодействия участников в рамках ГИС представлена на рисунке.

В рамках ГИС взаимодействие с СТП предполагает: автоматизированный обмен данными (инцидентами, проблемами, запросами на обслуживание) в режиме реального времени; синхронизацию статусов и эскалацию заявок (контроль критичности, дедлайны, назначенные исполнители); интеграцию с базами знаний для оперативного решения частых проблем; единую точку доступа для операторов ГИС и других ответственных лиц. В конечном итоге такая интеграция снижает время отклика на инциденты, улучшает согласованность работы разных подразделений и повышает прозрачность контроля исполнения заявок [2].



Обобщенная схема взаимодействия участников в рамках использования ГИС

Достоинства и недостатки архитектур и протоколов

Решение / Протокол	Достоинства	Недостатки
Микросервисная архитектура	– Гибкое масштабирование отдельных сервисов [5] – Независимый цикл разработки – Устойчивость к сбоям отдельных компонентов	– Повышенная сложность инфраструктуры (Kubernetes, сервис-меш) – Сложности с мониторингом и логированием – Необходимость согласованного управления версиями API
ESB (Enterprise Service Bus)	– Централизованный контроль и наблюдение за потоками – Маршрутизация и трансформация «из коробки» – Поддержка различных протоколов (SOAP, REST, JMS и др.)	– Может стать «бутылочным горлышком» при высоких нагрузках – Сложности с внесением изменений в единую шину – Требуются существенные аппаратные ресурсы для масштабирования
API Gateway	– Единая точка входа и управления безопасностью – Удобные кеширование и балансировка – Управление версиями API	– Не решает задачу бизнес-логики интеграции – Может усложнить трассировку в больших системах (нужен сервис-меш) – Требует корректной настройки маршрутизации для разных сервисов
SOAP	– Строгая типизация и формальный контракт (WSDL) – Поддержка широкого спектра стандартов безопасности (WS-*) – Хорошая совместимость с «корпоративными» платформами (.NET, Java EE)	– «Тяжелый» XML-формат, избыточность сетевого трафика – Более сложная настройка и отладка – Уступает REST/gRPC в гибкости
REST	– Простота реализации (JSON) – Высокая популярность и поддержка веб-клиентами – Гибкость и масштабируемость	– Нет жесткого контракта без OpenAPI/Swagger – Необходимость дополнительной документации – Могут возникать разночтения при реализации разных REST-эндпоинтов
gRPC	– Высокая производительность и низкие задержки – Двоичный формат Protocol Buffers – Встроенная поддержка потоков (streaming)	– Сложнее в освоении, чем REST. Не всегда прозрачно работает с существующими L7-балансировщиками – Требует специальных инструментов для генерации кода и описания контрактов

Рост количества пользователей, обусловленный развитием сервисов по предоставлению государственных услуг в электронном виде, вызывает потребность в модернизации интеграционного модуля. Помимо этого, в ходе исследований были выявлены следующие причины необходимости модернизации.

- *Рост объемов данных и нагрузки.* ГИС обрабатывает все больше заявок и инцидентов, поэтому для поддержания скорости реакции и качества обслуживания важно оптимизировать производительность и масштабируемость.

- *Устаревание существующих решений.* Традиционные (монолитные) способы взаимодействия не поддерживают современные протоколы и форматы, усложняя интеграцию с новыми СТП [3].

- *Возрастающие требования к надежности и безопасности.* Государственные регламенты и стандарты (например, ГОСТы и требования ФСТЭК) требуют надежных методов аутентификации, шифрования и протоколов обмена данными [4].

Для устранения выявленных проблем в первую очередь необходимо модернизировать архитектуру интеграционного модуля, что обеспечит устойчивость системы к нагрузкам, быстрое внедрение новых сервисов, а также упрощенное обслуживание. Кроме того, модернизация архитектуры создаст гибкость при расширении функционала ГИС, т.е. позволит добавлять в ГИС новые сервисы (например, модули аналитики), не затрагивая при этом основные процессы и не увеличивая время на внесение изменений.

Сравнительный анализ архитектурных решений и протоколов

Для выбора оптимального подхода к модернизации важно учитывать преимущества и ограничения различных архитектур (микросервисов, ESB, API Gateway) и протоколов (SOAP, REST, gRPC), каждая из которых обладает своими плюсами и минусами (таблица).

Опираясь на данные таблицы, в конкретном проекте выбирают сочетание наиболее подходящих решений [6, 7]. Например, при необходимости легкой интеграции с веб-приложениями может быть сделан упор на REST, а для высоконагруженного обмена пакетными данными – gRPC. Если требуется жесткий контроль маршрутизации и трансформации сообщений, следует рассмотреть ESB. При создании масштабируемых систем с множеством микросервисов целесообразно внедрять API Gateway и сервис-меш.

Обеспечение отказоустойчивости интеграционного модуля и внедрение средств мониторинга

Одной из главных причин модернизации интеграционного модуля является все возрастающая нагрузка на ГИС, поэтому необходимо обратить внимание на обеспечение отказоустойчивости интеграционного модуля. Предлагается использовать следующие подходы и инструменты.

- *Горизонтальное масштабирование.* Масштабирование отдельных сервисов с помощью Docker и Kubernetes позволяет реагировать на резкий рост числа обращений.

- *Circuit Breaker.* Защищает систему от каскадных сбоев, позволяя вовремя «размыкать цепочку» при ошибках со стороны одного из сервисов.

- *Балансировщики нагрузки.* Позволяют распределять входящие запросы по нескольким экземплярам сервиса, повышая общую доступность и живучесть системы.

Для прогнозирования и своевременного предотвращения проблемных ситуаций при использовании ГИС предлагается использовать следующие инструменты телеметрии, мониторинга и трассировки.

- *OpenTelemetry.* Сбор метрик, логов и распределенных трасс из различных компонентов системы в единую точку. Это критично для оперативного выявления узких мест и анализа инцидентов.

- *Системы визуализации.* Grafana, Kibana (Elastic Stack) помогают в реальном времени отслеживать ключевые показатели (время отклика, процент ошибок и т.д.).

- *Распределенная трассировка.* Инструменты вроде Jaeger и Zipkin позволяют проследить «путь» запроса через весь комплекс сервисов, ESB или API Gateway, ускоряя диагностику проблем.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования были определены оптимальные архитектурные подходы к модернизации интеграционного модуля ГИС. Реализация предложенных решений позволяет значительно повысить надежность, производительность и гибкость всей структуры ГИС. Комплексное сочетание современных архитектурных моделей, эффективных протоколов взаимодействия и средств обеспечения отказоустойчивости обеспечивает повышение устойчивости системы к нагрузкам, упрощает процессы интеграции новых сервисов и способствует быстрому внедрению инноваций. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных рекомен-

даций для модернизации государственных информационных систем, что обеспечит их стабильность, соответствие современным требованиям информационной безопасности и, как следствие, повысит общую эффективность работы государственных учреждений и ведомств.

Список литературы

1. Бусыгина Е.В., Жученко М.А., Якунова М.С., Куракина Ю.В. Модернизация системы управления информационной безопасностью в образовательной организации // Исследования молодых ученых. 2024. № 8(64). [Электронный ресурс]. URL: <https://mgpu-media.ru/issues/issue-64/psikhologo-pedagogicheskie-nauki/modernizatsiya-sistemy-upravleniya-informatsionnoj-bezopasnostyu-v-obrazovatelnoj-organizatsii.html> (дата обращения: 01.03.2025).
2. OpenTelemetry Documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://opentelemetry.io/> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Малыгин Д.С. Микросервисная архитектура в облачных системах: риски и возможности применения в 2024–2030 гг. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. № 12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1561>. DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.029 (дата обращения: 01.03.2025).
4. SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition). W3C Recommendation, 27 Apr. 2007. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/soap12-part1/> (дата обращения: 01.03.2025).
5. Обухов А.Д., Волков А.А., Назарова А.О. «Микросервисная архитектура виртуальных тренажерных комплексов» // Информатика и автоматизация. 2022. Т. 6. Вып. 21. С. 112–118. DOI: 10.15622/ia.21.6.7.
6. Афанасьев М.Я., Федосов Ю.В., Крылова А.А., Шорохов С.А. Применение микросервисной архитектуры при проектировании промышленного оборудования с числовым программным управлением // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18, № 1. С. 87–97. DOI: 10.17586/2226-1494-2018-18-1-87-97.
7. Никитин И.В., Гриценко Т.Ю. Сравнение подходов монолитной архитектуры и микросервисной архитектуры при реализации серверной части веб-приложения // Дневник науки. 2020. № 3 (39). URL: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2020/3/technics/Nikitin_Gritsenko.pdf (дата обращения: 01.03.2025).

УДК 004.891.3

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

¹Вотякова Л.Р., ²Александрова Л.А.

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Казань, e-mail: vot5lil5rad5@gmail.com;

²Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Нижнекамск, e-mail: leisanmaika@gmail.com

В данной работе представлено исследование по разработке нейросетевого приложения для автоматической диагностики переломов на рентгеновских снимках. Основное внимание уделено проектированию архитектуры модели на основе свёрточных нейронных сетей, подготовке и обработке данных, а также обучению и тестированию модели. Для обучения нейронной сети собираются данные, разделенные на несколько задач: определение наличия перелома (наличие или отсутствие перелома на рентгеновских снимках), определение типа перелома (поперечные, продольные, косые и другие виды) и локализация перелома (голова, туловище, конечности). Описываются нейронные сети, которые используются для каждой из задач: определение наличия перелома, его типа и местоположения. После этого идет этап разработки нейросетевого приложения. Он включает написание скриптов для обучения и классификации, а также разработку логики всей программы. Применены современные методы обработки изображений и аугментации данных для повышения точности классификации. Завершающий этап – это обучение нейросетевых алгоритмов и их тестирование. Каждая из сетей проходит обучение на данных, соответствующих задачам (например, обнаружение перелома, его тип или локализация). После обучения проводится тестирование как отдельных алгоритмов, так и всей программы, чтобы убедиться в её работоспособности и точности результатов. Модель продемонстрировала высокую эффективность, достигнув точности 90% на тестовом наборе данных. Работа подчеркивает значимость использования искусственного интеллекта в медицине для улучшения диагностики и ускорения принятия решений в клинической практике. Обсуждаются достижения, ограничения и предложения по дальнейшему развитию системы.

Ключевые слова: нейронные сети, рентгеновские снимки, виды переломов, обработка изображений, кости

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR RECOGNIZING HUMAN BONE FRACTURES

¹Votyakova L.R., ²Alexandrova L.A.

¹Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: vot5lil5rad5@gmail.com;

²Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology (branch) Kazan National Research
Technological University, Nizhnekamsk, e-mail: leisanmaika@gmail.com

This paper presents a study on the development of a neural network application for the automatic diagnosis of fractures on X-rays. The main focus is on designing the architecture of the model based on convolutional neural networks, data preparation and processing, as well as training and testing the model. To train a neural network, data is collected, divided into several tasks: determining the presence of a fracture (the presence or absence of a fracture on X-rays), determining the type of fracture (transverse, longitudinal, oblique and other types) and localization of the fracture (head, trunk, extremities). The neural networks that are used for each of the tasks are described: determining the presence of a fracture, its type and location. After that, the neural network application development stage begins. It includes writing scripts for training and classification, as well as developing the logic of the entire program. Modern methods of image processing and data augmentation have been applied to improve classification accuracy. The final stage is the training of neural network algorithms and their testing. Each of the networks is trained on data relevant to the tasks (for example, fracture detection, its type or localization). After the training, both individual algorithms and the entire program are tested to ensure that it works and that the results are accurate. The model has demonstrated high efficiency, achieving an accuracy of 90% on the test dataset. The work highlights the importance of using artificial intelligence in medicine to improve diagnosis and accelerate decision-making in clinical practice. Achievements, limitations and suggestions for further development of the system are discussed.

Keywords: neural networks, X-ray images, types of fractures, image processing, bones

Введение

Диагностика в медицине играет ключевую роль, поскольку своевременное выявление заболеваний значительно повышает шансы на успешное лечение. Травмы и переломы негативно влияют на качество жизни, и подозрения на переломы являются частой причиной обращений в отделения

неотложной помощи. Основным инструментом диагностики в таких случаях является рентгенография. Однако человеческий фактор, такой как усталость или зрительное утомление врачей, может привести к ошибкам в интерпретации рентгеновских снимков, что может затормозить лечение и ухудшить восстановление.

Автоматизация распознавания переломов с помощью искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей, может существенно улучшить этот процесс. Нейросети способны быстро и точно анализировать изображения, что делает их незаменимыми в системах, требующих оперативных решений.

Целью исследования является исследование возможности повышения эффективности классификации переломов костей на рентгеновских снимках с помощью искусственных нейронных сетей.

Материалы и методы исследования

Для концептуального проектирования было выбрано представление в виде интеллект-карты. Интеллект-карта включает в себя схему реализации интеллектуальной системы для распознавания переломов. Карта состоит из нескольких ветвей, каждая из которых отражает ключевые этапы разработки системы: выбор средств реализации приложения; подготовка базы данных для обучения; нейросетевые алгоритмы; разработка нейросетевого приложения; обучение нейросетевых алгоритмов; тестирование.

Основой проекта является язык программирования Python [1], а также среда разработки PyCharm. Указываются используемые библиотеки Python, такие как Keras, TensorFlow, Scikit-learn, Pillow, NumPy, которые необходимы для выполнения задач обработки данных, обучения нейронных сетей и работы с изображениями.

Следующий этап посвящен подготовке базы данных для обучения. Здесь акцент сделан на классификацию данных [2]. Для обучения нейронной сети собираются данные, разделенные на несколько задач: определение наличия перелома (наличие или отсутствие перелома на рентгеновских снимках), определение типа перелома (поперечные, продольные, косые и другие виды) и локализация перелома (голова, туловище, верхние или нижние конечности).

Основная часть карты посвящена нейросетевым алгоритмам [3]. Здесь описываются нейронные сети, которые используются для каждой из задач: определение наличия перелома, его типа и местоположения. Уделяется внимание элементам архитектуры нейронных сетей, включая параметры слоев: свёрточных, входных, выходных, пулинговых, полносвязных, а также выбор функции активации.

После этого идет этап разработки нейросетевого приложения. Он включает написание скриптов для обучения и класси-

фикации, а также разработку логики всей программы. Завершающий этап – это обучение нейросетевых алгоритмов и их тестирование. Каждая из сетей проходит обучение на данных, соответствующих задачам (например, обнаружение перелома, его тип или локализация). После обучения проводится тестирование как отдельных алгоритмов, так и всей программы, чтобы убедиться в её работоспособности и точности результатов.

В целом, интеллект-карта отражает последовательный процесс разработки и внедрения системы, начиная от выбора инструментов и подготовки данных до обучения, тестирования и запуска.

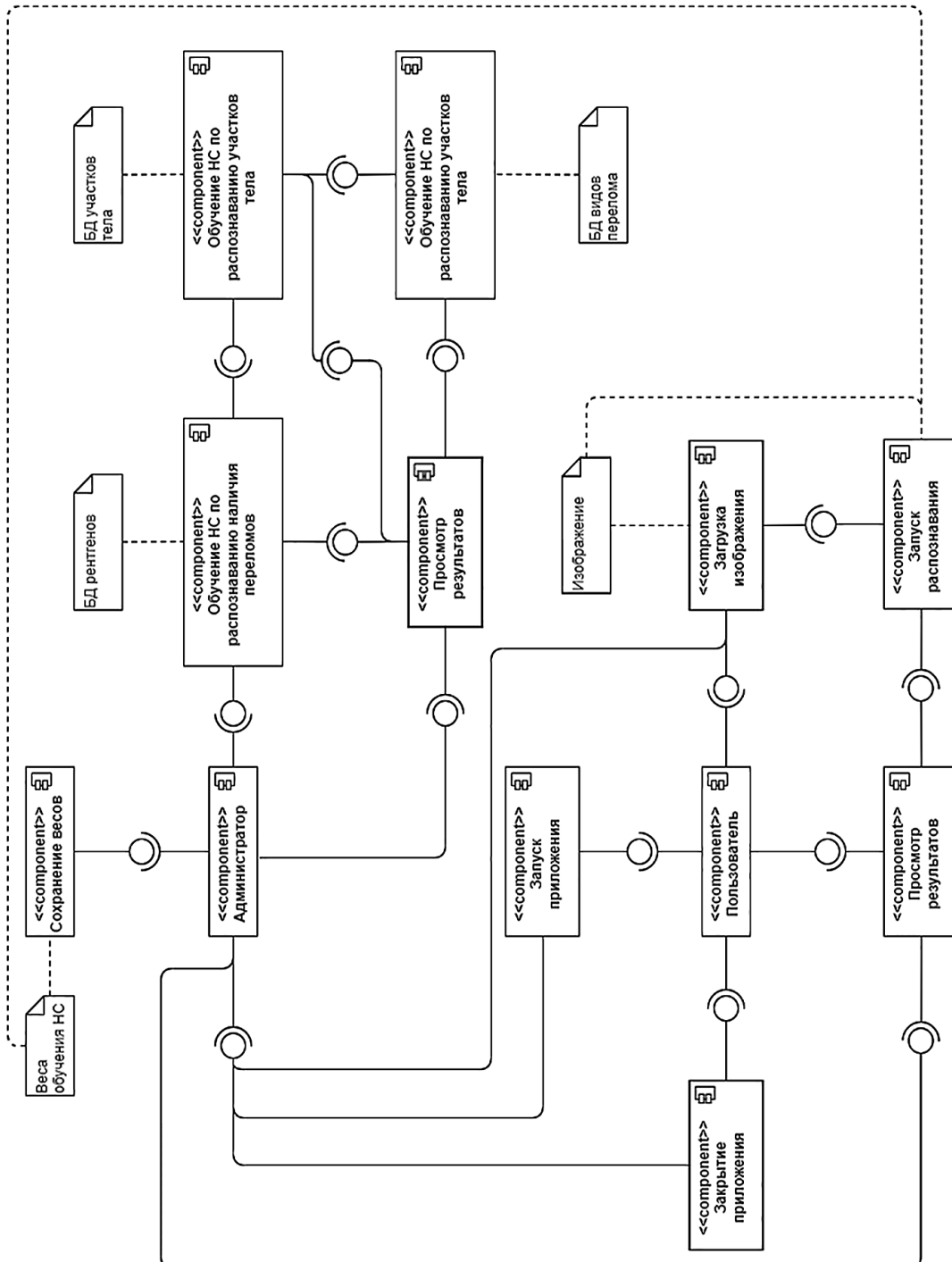
В пользовательском интерфейсе будут кнопки для функциональности программы, одна предназначена для загрузки изображения, вторая для классификации по загруженному изображению [4]. Для реализации интерфейса был выбран модуль Qt с его библиотеками QtCore, QtGui, QtWidgets.

Результаты исследования и их обсуждение

С помощью диаграммы компонентов (рис.) можно наблюдать визуализацию структуры исходного кода программной системы, спецификации исполняемого варианта программной системы, а также обеспечения многократного использования фрагментов кода [5].

Диаграмма компонентов UML иллюстрирует структуру системы, предназначенной для анализа рентгеновских снимков с использованием нейронных сетей (НС). Система разделена на функциональные модули, каждый из которых отвечает за выполнение конкретной задачи, при этом их взаимодействие обеспечивает полный цикл работы приложения.

Система включает в себя три ключевых процесса обучения нейронной сети. Первый связан с обучением НС распознаванию наличия переломов на рентгеновских изображениях. Для этого используется база данных рентгеновских снимков, где заранее размечено, присутствуют ли на них переломы. Второй процесс обучения посвящён идентификации участков тела, изображённых на рентгеновских снимках. Здесь используется другая база данных, содержащая информацию о различных участках тела. Третий процесс обучения связан с обучением НС по распознаванию видов перелома. Все процессы завершаются сохранением весов обученной модели, которые затем используются на этапе анализа изображений.



UML-диаграмма компонентов

Роли в системе разделены между пользователями и администраторами. Администратор отвечает за управление процессами обучения нейронной сети, настройку системы и подготовку баз данных. Пользователь же взаимодействует с приложением для загрузки изображений и получения результатов анализа [6; 7].

Работа приложения начинается с запуска, инициируемого пользователем или администратором. Пользователь загружает изображение, затем оно обрабатывается системой. Анализ изображения включает несколько этапов: распознавание участка тела, изображённого на снимке, и определение наличия или отсутствия перелома. Эти этапы обеспечиваются заранее обученными моделями нейронных сетей, которые используют сохранённые веса.

После обработки пользователю предоставляются результаты, включающие информацию о том, какой участок тела изображён на снимке и есть ли на нём признаки перелома.

На диаграмме также представлена связь между различными компонентами системы. Например, база данных видов переломов используется на этапе обучения нейронной сети, чтобы обеспечить корректную классификацию. Аналогично, результаты обучения сохраняются и затем применяются в реальных сценариях анализа.

Вся система организована так, чтобы минимизировать участие человека на этапе анализа и сделать процесс максимально автоматизированным. Пользователю нужно лишь загрузить снимок и получить результат, в то время как администратор обеспечивает подготовку системы и её корректную работу.

Для моделирования процесса распознавания переломов также были построены диаграммы классов, вариантов использования, взаимодействия. Результат классификации делит изображения на три категории:

1. Изображения без переломов.
2. Изображения, которые не являются рентгеновскими.
3. Изображения с переломами.

Если обнаружен перелом, дополнительно используются алгоритмы из модулей `main1` и `main2`, которые предоставляют дополнительную информацию или анализ. Для каждого случая отображается текстовая информация, включающая название файла, время классификации, размер изображения и результат анализа.

В данном нейросетевом приложении используются три свёрточные нейронные сети (СНС), что требует наличия трех наборов изображений для обучения.

Первый набор данных предназначен для обучения нейронной сети, распознающей наличие переломов и проверяющей корректность загрузки рентгеновских снимков. В этот набор входит 296 изображений, среди которых есть снимки целых и поврежденных костей верхних и нижних конечностей, черепа и туловища, а также изображения, не относящиеся к рентгеновским снимкам.

Второй набор изображений предназначен для нейронной сети, занимающейся распознаванием частей тела на рентгеновских снимках. Этот набор включает 240 изображений, содержащих снимки целых и поврежденных костей верхних и нижних конечностей, черепа и туловища.

Третий набор изображений используется для обучения нейронной сети, специализирующейся на определении типов переломов. Этот набор состоит из 150 изображений, включающих снимки поперечных, косых, продольных, винтообразных и других видов переломов.

Чтобы задействовать собранные данные для обучения сверточных нейронных сетей – необходимо обработать изображения. Первым шагом обработки является изменение формата изображения. Было выбрано сохранение в формате `.jpg`, поскольку он обладает небольшим размером файла, что ускоряет загрузку, при этом не снижая качество снимков. Если в базе данных имеются файлы с другими форматами (например, медицинский формат `DICOM`), их необходимо конвертировать в `.jpg`. На втором этапе проводится предобработка данных. Включает нормализацию, масштабирование и аугментацию изображений для улучшения качества обучения.

Выбор подходящих функций активации для выбранной архитектуры нейронной сети зависит от типа задачи, глубины сети и проблем, которые возникают при обучении. Результаты нашего исследования показали, что лучшим вариантом является, если после каждой свертки будет функция активации `ReLU` и на полносвязном слое будет выступать сигмоидная функция активации.

Для обучения нейронной сети по распознаванию наличия переломов использовалось 8 эпох. В общих подсчетах обучение заняло 5 часов, а производительность нейронной сети составила 85,47%, что является удовлетворительным результатом. Самыми худшими результатами классификации являются результаты по такому классу, как «Нет рентгена». Для классов «Отсутствие перелома» и «Наличие перелома» производительность составила 92,5% и 88,3%.

После следует обучение нейронной сети по распознаванию участка тела. Для обу-

чения данной сети использовалось 8 эпох. В общих подсчетах обучение заняло 3 часа, а производительность нейронной сети составила 96,66%, что является очень высоким результатом. Матрица классификации по имеющимся классам в распознавании участков тела показала высокие результаты, свыше 95%. Погрешности обучения минимальны.

Последним этапом следует обучение нейронной сети по видам перелома. В общих подсчетах обучение заняло 3 часа, а производительность нейронной сети составила 90,6%, что является высоким результатом.

Результаты тестирования производительности нейронной сети распознавания наличия переломов для классов «Отсутствие перелома» и «Наличие перелома» составили 83,3% и 75%, хуже результат по классу «Нет рентгена» – 66,67%. Тестирование нейронной сети по распознаванию участков тела показало высокие результаты: для классов «Череп» – 83,33%, «Конечности» – 91,67%, «Туловище» – 83,33%. Результаты тестирования в распознавании видов переломов самые высокие по классам «Косой перелом», «Продольный перелом» – 100%, по классам «Поперечный перелом», «Другие переломы» – 66,67% и самый низкий результат по классу, в силу сложности перелома, «Винтообразный перелом» – 33,33%.

Заключение

В ходе работы была разработана и обучена нейросетевая модель для автоматической классификации переломов на рентгеновских снимках. Модель показала высокую точность и эффективность, что подтверждает возможность её использования в клинической практике.

В настоящее время модель испытывает трудности с классификацией изображений

низкого качества, необходимы в большем количестве данные для обучения, чтобы улучшить обобщающую способность.

В дальнейшем предлагаются следующие предложения по улучшению и развитию: улучшение предобработки данных и введение дополнительных методов аугментации; интеграция дополнительных источников данных для расширения обучающей выборки; исследование и внедрение более сложных архитектур, таких как глубокие остаточные сети, для улучшения точности и устойчивости модели.

Список литературы

1. Вотякова Л.Р., Зотин А.В. Исследование идентификации и реализации многопараметрического контроллера на языке Python // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 7. С. 16-21. DOI: 10.17513/snt.40079. EDN HOANDP.
2. Иванов А.И. Кубасов И.А., Самокутяев А.М. Тестирование больших нейронных сетей на малых выборках // Надежность и качество сложных систем. 2021. № 1(33). С. 49-56. DOI: 10.21685/2307-4205-2021-1-5. EDN NNTIBS.
3. Артемьев Б.В., Власов А.И., Исроилов Ж.О., Мулатова С. Анализ программных библиотек для разработки встраиваемых нейросетевых приложений // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2023. Т. 25, № 6. С. 5-12. DOI: 10.18127/j19998554-202306-01. EDN BVEASU.
4. Трубин А.Е., Мастяев Ф.А., Батищев А.В., Зайцев А.И., Алексахина С.А. Моделирование пользовательского интерфейса для сверточной нейронной сети распознавания сложных символов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18, № 3 (105). С. 105-114. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-3-105-114. EDN SXNBXJ.
5. Вотякова Л.Р. Программная реализация интеллектуальной системы поддержки принятия решений для подбора персонала в IT-сфере // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 5. С. 89-91. EDN CKCZAY.
6. Хусаинов Р.М., Талипов Н.Г., Катасев А.С. Построение и оценка нейросетевой модели распознавания дорожных объектов // Электроника, фотоника и киберфизические системы. 2023. Т. 3. № 3. С. 79-86. EDN DEXDVH.
7. Курбанов Б., Катасёв А.С., Катасёва Д.В., Зиннуров Б.Р. Нейросетевая система определения сонливости человека по выражению лица // Вестник технологического университета. 2024. Т. 27, № 12. С. 158-164. DOI: 10.55421/1998-7072_2024_27_12_158. EDN BWIUXW.

СРАВНЕНИЕ ПРОТОКОЛОВ FILE TRANSFER PROTOCOL И HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ФАЙЛОВ В СЕТИ С ПОМЕХАМИ

Макушин А.В., Синявина А.П.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)», Москва,
e-mail: makushinav@student.bmstu.ru, sinyavinaap@student.bmstu.ru

Цель работы заключается в сравнении прикладных сетевых протоколов File Transfer Protocol и HyperText Transfer Protocol при передаче данных с точки зрения анализа их производительности в условиях возникновения помех в сети. В статье приведены результаты ряда проведенных экспериментов, моделирующих среду передачи данных, содержащую помехи, влияющие на скорость доставки пакетов от сервера клиенту. При проведении эксперимента осуществлялась передача файлов разного размера по внутренней сети между двумя виртуальными машинами. На одной из них были развернуты серверы FileZilla и Nginx для передачи по File Transfer Protocol и HyperText Transfer Protocol соответственно. На вторую машину были установлены клиентские программы для скачивания файлов посредством данных протоколов. Помехи в сеть вносились с помощью специальной утилиты и предполагали потерю, дубликацию и повреждение пакетов, а также разрыв соединения. В рамках одного эксперимента было проведено несколько передач, для каждой из которых осуществлялся замер времени; после значения были приведены к среднему арифметическому. На основании анализа полученных результатов сделан и обоснован вывод о схожих показателях скорости передачи при использовании обоих протоколов с учетом функционала, предоставляемого ими по умолчанию и не предполагающего установки дополнительного программного обеспечения.

Ключевые слова: протокол, протокол передачи файлов, протокол передачи гипертекста, передача файлов, помехи в сети, клиент, сервер

COMPARISON OF FILE TRANSFER PROTOCOL AND HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL FOR FILE TRANSFER IN A NETWORK WITH INTERFERENCE

Makushin A.V., Sinyavina A.P.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow,
e-mail: makushinav@student.bmstu.ru, sinyavinaap@student.bmstu.ru

The aim of the study is to compare the application network protocols File Transfer Protocol and HyperText Transfer Protocol in data transfer from the point of view of analysing their performance under the conditions of interference in the network. The article presents the results of a number of experiments modelling the data transmission environment with the interference affecting the speed of packet delivery from the server to the client. The experiment involved transferring files of different sizes over an internal network between two virtual machines. On one of them were deployed «FileZilla» and «Nginx» servers for transfer via File Transfer Protocol and HyperText Transfer Protocol respectively. On the second machine there were installed client programmes for downloading files via the given protocols. Interference to the network was introduced using a special utility and implied packet loss, duplication and corruption, as well as connection breakage. Within one experiment several transmissions were conducted, for each of which time was measured; afterwards the values were summarised to the arithmetic mean. On the basis of the analysis of the obtained results the conclusion about similar indicators of transmission speed when using both protocols is made and substantiated taking into account the functionality provided by them by default and not assuming installation of additional software.

Keywords: protocol, File Transfer Protocol, HyperText Transfer Protocol, file transfer, network interference, client, server

Введение

В настоящее время возрастают требования к скорости и постоянству передачи данных в информационных сетях: это достигается с помощью модернизации сетевого оборудования, а также посредством внедрения более эффективных протоколов [1-3]. Тем не менее рассмотрение вопроса обеспечения быстродействия в сети с точки зрения оборудования и протоколов физического и сетевого уровней не учитывает ключевую роль протоколов прикладного уровня модели Department of Defense (DoD). При этом

данные протоколы непосредственно определяют, как данные обрабатываются, передаются и принимаются на уровне конечных пользователей.

Несмотря на активное развитие за счет широкого представления среди других протоколов, внедрение новых прикладных протоколов также сталкивается с вызовами: от обновления сетевой инфраструктуры до обеспечения совместимости различных частей информационных систем [2; 4]. В связи с этим традиционные протоколы, такие как File Transfer Protocol (FTP) и HyperText

Transfer Protocol (HTTP), продолжают широко использоваться.

Поскольку в основе FTP и HTTP лежит идентичный стек технологий [5, с. 623–624], возникает вопрос, какой из данных протоколов при различных условиях предоставляет большую скорость передачи данных по сети.

Цель работы заключается в определении наиболее производительного протокола из сравниваемых HTTP и FTP при передаче файлов по сети, содержащей помехи.

Материалы и методы исследования

В рамках работы был проведен ряд экспериментов, сравнивающих скорость работы протоколов HTTP и FTP в рамках сценария передачи файлов разного размера по сети. При этом в экспериментах не применялись методы оптимизации передачи, предлагаемые различными реализациями протоколов.

В реальных условиях передача файлов осуществляется между двумя различными устройствами, взаимодействующими друг с другом по сети. Проведение эксперимента требовало наличия изолированной и контролируемой среды. Данные условия были достигнуты с помощью средств виртуализации: созданы две виртуальные машины, размещенные на одном физическом устройстве [6]. В рамках данной работы использовалась программа для виртуализации Oracle VM Virtual Box, на каждую используемую виртуальную машину было выделено 8 виртуальных ядер процессора, 4 ГБ оперативной памяти и 25 ГБ дискового пространства, были добавлены виртуальные сетевые адаптеры для работы с локальной сетью и для выхода в Интернет через физическое устройство, на котором работают машины [7]. В качестве операционной системы был установлен дистрибутив Linux «Ubuntu».

Для передачи данных между виртуальными машинами была произведена настройка внутренней сети, предполагающая включение сетевого адаптера с типом подключения «Внутренняя сеть». Таким образом, машины были объединены в локальную сеть. Для установления связи между виртуальными машинами необходимо, чтобы каждой из них соответствовал уникальный Internet Protocol (IP) адрес. В связи с этим была произведена установка статических адресов с помощью утилиты `ip` [8, с. 41–42]. Это позволило «напрямую» связать машины в виртуальной сети, что соответствует соединению устройств через патч-корд или коммутатор в физической среде.

Для настройки FTP-сервера было установлено программа FileZilla Server, к пре-

имуществам которой можно отнести кроссплатформенность, бесплатную лицензию и простоту настройки. В связи с этим FileZilla является одним из самых популярных серверов, поддерживающих протокол FTP. Также программа позволяет рассматривать базовый протокол FTP без дополнительных расширений, что позволяет сузить область влияния внешних переменных, обеспечивая стабильную тестовую среду. После установки и запуска программы был создан пользователь и заданы его параметры доступа к точке монтирования, содержащей файлы для передачи между машинами. Дополнительно были отключены механизмы реализации FTP, ускоряющие передачу данных: сжатие данных на лету, многопоточная передача и долгосрочное кеширование. В качестве публичного IP-адреса сервера был использован настроенный ранее адрес в локальной сети.

Для настройки HTTP-сервера был выбран «nginx», поскольку он является одним из самых используемых веб-серверов и обладает высокой производительностью и гибкостью. Функциональность HTTP-сервера «nginx» включает в себя раздачу файлов. Для раздачи из локального каталога в файле конфигурации `/etc/nginx/nginx.conf` был отредактирован блок «`http`», внутрь которого был добавлен блок «`server`» с настроенным блоком «`locations`». В блоке «`locations`» был задан префикс, сравниваемый с Uniform Resource Identifier (URI) из запроса для перенаправления данного запроса в директорию, указанную в директиве «`alias`», что обеспечивает доступ к запрашиваемому ресурсу (листинг 1) [9, с. 16–19].

```
http {
    server {
        listen 192.168.1.10:8081;
        location /files/ {
            autoindex on;
            alias /local_dir/;
        }
    }
}
```

Листинг 1. Настройки HTTP-сервера

Для проведения экспериментов были созданы тестовые файлы различных размеров: 100 МБ, 1 ГБ и 5 ГБ – для проверки работы протоколов при передаче малых, средних и больших объемов информации. Генерация файлов осуществлялась на «серверной» виртуальной машине с использованием утилиты `fallocate`, позволяющей быстро создавать файлы заданного размера с произвольным содержимым. Пример команды для создания файлов представлен в листинге 2.


```
fallocate -l 1G test_1GB.txt
```

Листинг 2. Команда для создания файла заданного размера

С помощью утилиты `tc` были установлены различные ограничения на входящий и исходящий трафик с виртуального адаптера. Для всех проведённых экспериментов была задана пропускная способность канала, равная 100 МБит/с; это значение можно считать максимально возможной скоростью передачи, поскольку локальная сеть использовалась только для передачи файлов. Вводились следу-

ющие виды помех: потеря (2%), повреждение (2%) и дублирование (5%) пакетов. Пример установки помехи приведен в листинге 3. В рамках каждого отдельного эксперимента устанавливалась только одна помеха. Данные уровни (вероятность возникновения помехи) были выбраны экспериментально: при превышении указанных уровней скорость передачи падает до менее чем 1 МБит/с, что заметно увеличивает время исследования без внесения дополнительных эффектов. Все ограничения устанавливались на машине, с которой происходила «отдача» файлов.

```
tc qdisc add dev enp0s8 root netem loss 2%
```

Листинг 3. Установка потери 2% пакетов с помощью утилиты `tc`

Также был рассмотрен сценарий, при котором происходит разрыв соединения на некоторый отрезок времени: 5, 30, 60 или 120 с. Для этого был написан `bash`-скрипт, производящий физическое отклю-

чение сетевого адаптера на принимающей машине с помощью утилиты `iptables` [8, с. 113–117; 10, с. 356–360]. В листинге 4 представлен вариант скрипта для разрыва соединения на 120 с.

```
#!/bin/bash
INTERFACE="enp0s8"
iptables -A INPUT -i "$INTERFACE" -j DROP
iptables -A OUTPUT -o "$INTERFACE" -j DROP
sleep 120
iptables -D INPUT -i "$INTERFACE" -j DROP
iptables -D OUTPUT -o "$INTERFACE" -j DROP
```

Листинг 4. Скрипт для имитации разрыва соединения на 120 с

После настройки тестовой среды был разработан алгоритм для измерения скорости передачи данных по протоколам FTP и HTTP, предусматривающий последовательную загрузку файлов заданного размера с фиксацией времени передачи. После каждой успешной загрузки файл удалялся, и устанавливалась пауза длительностью 30 с для обеспечения очистки кеша как на стороне сервера, так и на стороне клиента. По истечении паузы процедура передачи повторялась. Для каждого файла проводилось 5 последовательных итераций для минимизации влияния случайных факторов на результат и обеспечения репрезентативности измерений.

Данный подход применялся для обоих протоколов и всех типов сетевых помех. Для автоматизации данного процесса были разработаны специальные скрипты, выполняющие последовательность шагов алгоритма для передачи по FTP (листинг 5) и HTTP (листинг 6) без вмешательства пользователя [10, с. 436–439]. Для загрузки данных по FTP использовалась утилита `lftp` с поддержкой командного интерфейса и гибкой настройки параметров передачи, что позволяет использовать её в автоматизированных сценариях, описанных выше. Для HTTP применялась утилита `wget` как одна из наиболее распространённых для загрузки файлов по HTTP [10, с. 207].

```
#!/bin/bash
for size in 100MB 1GB 5GB do
  for ((i=0;i<=5;i++)); do
    time lftp -e "set ssl:verify-certificate no; get /local_dir/test_$size.txt; bye" -u ftpuser,11 ftp://192.168.1.10
    rm test_$size.txt
    sleep 30
  done
done
```

Листинг 5. Скрипт для проведения эксперимента с протоколом FTP


```
#!/bin/bash
for size in 100MB 1GB 5GB do
    for ((i=0;i<=5;i++)); do
        time
wget http://192.168.1.10:8081/files/test_${size}.txt
rm test_${size}.txt
sleep 30
    done
done
```

Листинг 6. Скрипт для проведения эксперимента с протоколом HTTP

В ходе экспериментов виртуальные машины не подвергались дополнительной нагрузке для исключения влияния фоновых процессов на производительность сети. Также был отключен переход в режим сна и энергосбережения для избежания прерывания экспериментов.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании проведённых экспериментов были собраны данные о времени передачи файлов различных размеров при разных типах сетевых помех для FTP и HTTP. Для каждого случая было выполнено 5 последовательных измерений; в качестве итогового значения времени передачи использовалось среднее арифметическое по результатам этих измерений.

Также для сравнения протоколов была определена разница во времени передачи, рассчитываемая по формуле:

$$\text{Разница} = \frac{t_{\text{HTTP}} - t_{\text{FTP}}}{t_{\text{FTP}}} \cdot 100\%,$$

где t_{HTTP} и t_{FTP} – среднее время передачи по HTTP, FTP соответственно. Данное значение показывает, насколько быстрее про-

исходит передача посредством FTP по сравнению с HTTP. Полученные результаты отражены в таблице 1.

Результаты эксперимента показывают, что при отсутствии сетевых помех время передачи по HTTP и FTP практически совпадает для средних и больших файлов. Незначительные различия объясняются скорее деталями реализации используемых инструментов, а не особенностями протоколов. Тем не менее при отсутствии помех передача малых файлов по HTTP происходит в среднем на 8% быстрее. Это можно объяснить тем, что FTP имеет более долгую процедуру инициализации передачи, требующую установления соединения для передачи команд, проведения аутентификации, запроса файла, открытия соединения для его передачи. В связи с этим на коротких временных отрезках передачи малого объема данных подобные задержки более заметны.

При появлении помех FTP в ряде случаев обеспечивает более стабильную и быструю передачу. Это может быть связано с тем, что FileZilla, применяемая в качестве FTP-сервера, оптимизирована для быстрых пересылок повреждённых или потерянных пакетов.

Таблица 1

Сравнение времени передачи по протоколам HTTP и FTP

Вносимая помеха	Размер файла	Время передачи по протоколу, с		Разница, %
		t_{HTTP}	t_{FTP}	
Отсутствует	100 МБ	8,50	9,25	-8,11
	1 ГБ	83,87	84,07	-0,24
	5 ГБ	419,50	421,52	-0,48
Потеря пакетов (2%)	100 МБ	16,42	15,27	7,53
	1 ГБ	145,28	152,32	-4,62
	5 ГБ	758,84	704,80	7,67
Повреждение пакетов (2%)	100 МБ	29,60	27,85	6,28
	1 ГБ	316,95	311,80	1,65
	5 ГБ	1568,01	1365,74	14,81
Дублирование пакетов (5%)	100 МБ	10,20	10,13	0,69
	1 ГБ	102,63	100,39	2,23
	5 ГБ	527,46	510,93	3,24

Также, согласно описанной ранее методике, были проверены сценарии разрыва соединения между машинами на интервалах в 5, 30, 60 и 120 с. Результаты тестов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты тестирования
на разрыв соединения
при передаче по HTTP и FTP

Время разрыва, с	Передача восстановлена	
	HTTP	FTP
5	Да	Да
30	Да	Да
60	Да	Да
120	Нет	Да

Видно, что передача по FTP оказалась более устойчивой к длительному разрыву соединения по сравнению с HTTP. Однако это также можно объяснить особенностями реализации FTP-сервера, который дольше сохраняет соединения открытыми. Аналогичного эффекта можно добиться и при использовании HTTP, например, указав заголовков Keep-Alive [9, с. 86].

Заключение

В ходе работы была проведена настройка тестовой среды для сравнения скорости передачи данных с использованием протоколов HTTP и FTP. Результаты экспериментов были обработаны и представлены в сравнительных таблицах.

На основании проведенного исследования сделаны выводы о производительности данных протоколов в условиях нестабильного сетевого соединения между узлами клиента и сервера. Поскольку оба исследуемых протокола используют TCP на транспортном уровне, их базовые характеристики передачи данных практически не отличаются.

Наблюдаемые в экспериментах расхождения скорее обусловлены тонкостями реализации конкретных программных средств, а не принципиальными различиями между HTTP и FTP. Данный факт подчеркивает важность тщательного выбора и корректной настройки инструментов, а также осознанного подхода к оценке влияния сетевых условий на производительность конкретных реализаций протоколов.

Список литературы

1. Юхимук Р.А., Вережкин С.А. Анализ протоколов сетевого взаимодействия для повышения надежности, быстродействия и безопасности сети организации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 8. С. 286-296. DOI: 10.24412/2071-6168-2023-8-286-287.
2. Багрян Н.В., Беляев В.А., Тудвасев Д.А. Анализ современных сетевых протоколов: технологии и тенденции // Молодежь. Образование. Наука. 2024. № 1 (19). С. 328-332.
3. Лукичев А.Л., Лиманова Н.И., Козлов В.В. Сетевые протоколы нового поколения и их влияние на производительность сети // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 110-17. С. 121-124. DOI: 10.18411/trnio-06-2024-944.
4. Биджиева С.Х., Шебзухова К.В. Сетевые протоколы передачи данных: преимущества и недостатки // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-1. С. 43-45. DOI: 10.18411/trnio-06-2022-14.
5. Эндрю Таненбаум, Ник Фимстер, Дэвид Уэзеролл. Компьютерные сети. 6-е издание / Пер. с англ. С. Черникова. Под ред. М. Капанова. СПб.: Питер, 2023. 992 с.
6. Терешкин Д.О., Мартышкин А.И., Данилов Е.А. Исследование различных способов реализации сетевой инфраструктуры в виртуализированной среде // 21 век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. № 1 (53). С. 51-56. DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0009.
7. Сукманов С.В. Современные технологии виртуализации // Актуальные проблемы экономики, социологии и права. 2016. № 2. С. 70-75.
8. Роб Ванденбринк. Linux для сетевых инженеров / Пер. с англ. А.Г. Гаврилова; под ред. Е. Строгановой. СПб.: Питер, 2024. 496 с.
9. Дерек де Йонге. NGINX. Книга рецептов / Пер. с англ. Д.А. Беликова; под ред. Д.А. Мовчана. М.: ДМК Пресс, 2020. 176 с.
10. Уильям Шоттс. Командная строка Linux. Полное руководство / Пер. с англ. А. Киселева; под ред. К. Тульцевой. СПб.: Питер, 2017. 480 с.

СТАТЬИ

УДК 615.015:615.036.2

**ПРОГРАММА «РЕЗОЛЬВЕНТА» – СРЕДСТВО ОБСЧЕТА
ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЛЕКАРСТВ****¹Мирошниченко И.И., ²Иванов А.Н., ¹Кузьмин И.И., ³Писковой Р.А.**¹ФГБНУ «Научный центр психического здоровья», Москва, e-mail: pol-ncpz@ncpz.ru;²НОУ «Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Москва,
e-mail: info-edu@synergy.ru;³ООО «МС Аналитика», Москва, e-mail: moscow@analytica.ms

Программа «Резольвента» за авторством И.И. Мирошниченко представляет собой полезный инструмент для фармакокинетического анализа. Она предлагает интуитивно понятный интерфейс и позволяет пользователям эффективно вычислять основные фармакокинетические параметры, а именно: стационарный объем распределения, среднее время удерживания вещества, общий клиренс и площадь под фармакокинетической кривой. Программа поддерживает три основных пути введения лекарственных веществ: внутривенное, инфузионное и пероральное, что делает ее универсальной для различных сценариев использования. Одним из значительных преимуществ программы «Резольвента» является ее непараметрический подход к анализу данных, что снижает барьер для пользователей без глубоких знаний в области статистики и математического моделирования. Программа также позволяет рассчитывать константу абсорбции при внемоделных методах и вычислять стационарный объем распределения, что является преимуществом в сравнении с WinNonlin, PKSolver, не дающими сведений об этих параметрах. Программа «Резольвента» автоматически генерирует текстовые файлы отчетов, упрощая процесс документирования результатов и делая его более структурированным. Данные, полученные с помощью программы, сопоставимы с результатами, полученными при использовании более сложных и дорогих программ, что делает ее подходящим вариантом для исследователей и практиков в области фармакокинетики.

Ключевые слова: «Резольвента», этамбутол, фармакокинетический профиль, общий клиренс, среднее время удерживания вещества, объем распределения, фармакокинетическая кривая

**THE RESOLVENTA PROGRAM IS A TOOL FOR CALCULATING
PHARMACOKINETIC DATA AND COMPARING THEM
WITH SIMILAR PROGRAMS.****¹Miroshnichenko I.I., ²Ivanov A.N., ¹Kuzmin I.I., ³Piskovoy R.A.**¹Scientific Center for Mental Health, Moscow, e-mail: pol-ncpz@ncpz.ru;²Moscow University for Industry and Finance «Synergy», Moscow,
e-mail: info-edu@synergy.ru;³LLC «MS Analytica», Moscow, e-mail: moscow@analytica.ms

The Resolventa program by I.I. Miroshnichenko is a useful tool for pharmacokinetic analysis. It offers an intuitive interface and allows users to efficiently calculate the main pharmacokinetic parameters, namely: steady-state volume of distribution, mean retention time of the substance, total clearance and area under the pharmacokinetic curve. The program supports three main routes of drug administration: intravenous, infusion and oral, which makes it versatile for different scenarios of use. One of the significant advantages of the Resolventa program is its non-parametric approach to data analysis, which reduces the barrier for users without deep knowledge of statistics and mathematical modeling. The program also allows the calculation of the absorption constant in off-model methods and the calculation of the stationary volume of distribution, which is an advantage compared to WinNonlin and PKSolver, which do not provide information about these parameters. The Resolventa program automatically generates text report files, simplifying the process of documenting results and making it more structured. The data obtained with the program are comparable to results obtained with more complex and expensive programs, making it a suitable option for researchers and practitioners in the field of pharmacokinetics.

Keywords: Resolventa, ethambutol, pharmacokinetic profile, total clearance, mean substance retention time, volume of distribution, pharmacokinetic curve

Введение

В создании и изучении как новых перспективных физиологически активных веществ, так и уже практикуемых лекарственных средств обязательно применяются исследования процессов, характеризующих фармакокинетический профиль соединения,

таких как абсорбция, распределение, метаболизм и экскреция. Обязательными этапами разработки и создания лекарства являются доклинические испытания, начальная фаза клинических испытаний и оценка биоэквивалентности, которые требуют серьезных фармакокинетических исследований [1].

Для фармакокинетических расчетов процессов имеется целый ряд программ разного уровня – высокопрофессиональных коммерческих продуктов, предназначенных для анализа данных традиционной фармакокинетики (WinNonlin [2], Kinetika) и популяционной фармакокинетики (Monolix [3], NONMEM). Также существуют стандартные макросы, реализованные в пакетах электронных таблиц [4]. Исходя из этого, остается актуальной разработка новых программных продуктов с доступным инструментарием для стандартного пользователя.

Программа «Резольвента» за авторством И.И. Мирошниченко представляет собой интерактивную графическую оболочку для непараметрического анализа фармакокинетических данных, созданную средствами языка программирования VisualBasic. Ее применение позволяет рассчитать такие основные фармакокинетические параметры, как общий клиренс (Cl), среднее время удержания (MTR) и стационарный объем распределения (V_{ss}) у конкретного больного, участвующего в исследовании, или средние показатели из всей выборки, исходя из значений о концентрации исследуемого препарата в определенный момент времени.

В этом отношении она выгодно отличается от пакетов, реализованных в чисто процедурных средствах программирования: Farm, PKCALC [5], USC*PACK [6], особенно при исправлении или корректировке введенных данных: процедура ничем не отличается от работы в простейшем текстовом редакторе. Представляет интерес Windows-совместимая NCOMP, но, к сожалению, ее возможности ограничены в основном внутрисосудистым маршрутом введения. Программа M-ind [7], удовлетворяющая многим потребностям пользователя, достаточно устарела, хотя и позволяет рассчитывать изменение концентрации исследуемого препарата в крови в зависимости от времени независимо от способов введения лекарственного средства и фармакокинетические параметры препарата статистическими методами.

Стандартный интерфейс программы «Резольвента» прост в освоении, овладение основными функциями занимает достаточно непродолжительное время. Меню «маршрут» содержит подменю для трех наиболее применяемых путей введения лекарственных веществ: мгновенного внутривенного, инфузии и перорального введения. Система обеспечивает связь с другими Windows-приложениями посредством стандартных операций меню «правка»: удаление, копирования и вставки.

Цель исследования – сравнение разработанного программного обеспечения

для вычислений фармакокинетических показателей в процессе изучения фармакокинетики лекарственных средств с другими продуктами.

Материал и методы исследования

В сравнении основных фармакокинетических параметров, таких как Cl, MTR, V_{ss} , и площади под фармакокинетической кривой (AUC) применялись программы: «Резольвента», WinNonlin и PKSolver.

Для начала работы необходимо внести значения времени и концентрации, каждый ввод завершается нажатием клавиши Enter (рис. 1). Нулевые значения не допускаются. Далее следовать указаниям диалоговых окон, где надо указать точку начала моноэкспоненциальной фазы (для данного примера – 3). Программа создает отчетный файл в виде текста и помещает его в текущий каталог.

Фармакокинетические показатели V_{ss} , Cl и MRT рассчитывали по приведенным ниже формулам:

$$V_{ss} = Cl \cdot MRT = - (Dose / AUC),$$

$$MRT = - (AUMC / AUC).$$

AUC и площадь под первым моментом этой кривой (AUMC) определяли методом трапеций [8].

При непрерывной инфузии препарата с постоянной скоростью пользователь вводит значение продолжительности инфузии. В этом случае для соответствующих значений среднего времени удерживания и стационарного объема распределения вводится поправка [9]:

$$MRT = \frac{AUMC}{AUC} - \frac{T}{2},$$

$$V_{ss} = \frac{Dose \cdot AUMC}{AUC^2} - \frac{Dose \cdot T}{2 \cdot AUC}.$$

Константу абсорбции первого порядка (k_{abs}) при внесосудистом пути введения рассчитывали методом Доста, а при наличии фазы распределения – методом двойных остатков, при этом значения MRT рассчитывали по формуле:

$$MRT = \frac{AUMC}{AUC} - \frac{1}{K_a}.$$

Этамбутол-(N,N'-этилен-бис-2-аминобутан-1-ола дигидрохлорид) оказывает выраженное туберкулостатическое действие. Принимается перорально (PerOS в интерфейсе программы). Всасывание препарата достигает 75–80%, с белками плазмы – до 30% [10].

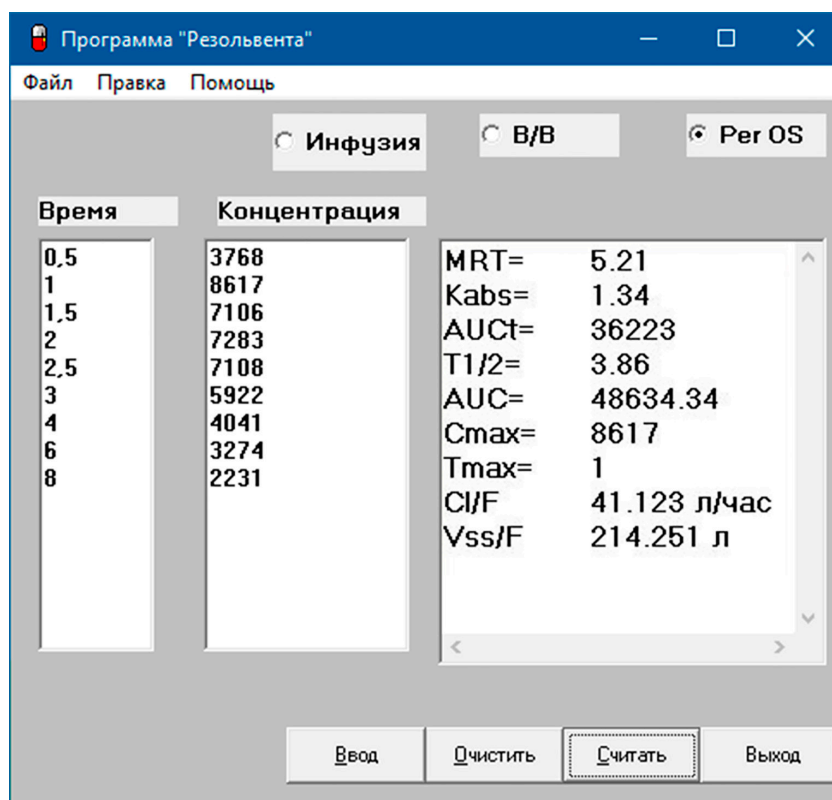


Рис. 1. Интерфейс программы «Резольвента» в виде отчетного файла с результатами расчета фармакокинетических параметров

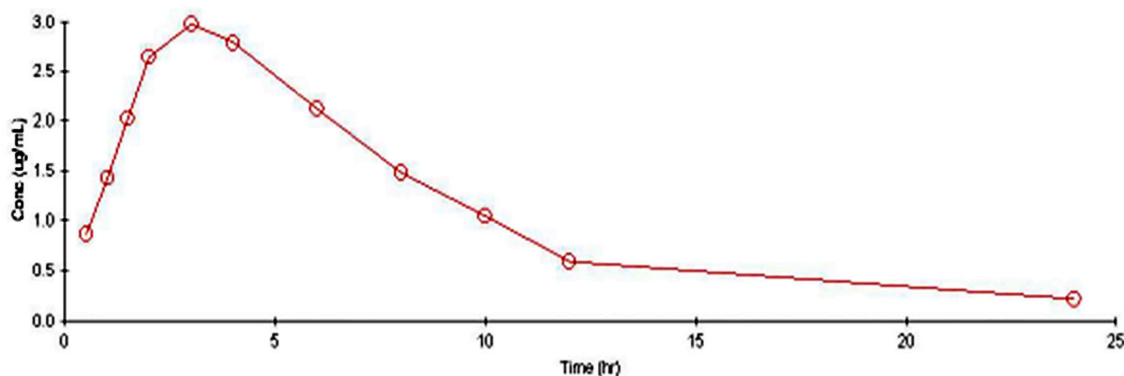


Рис. 2. Изменение значений усредненных концентраций (мкг/мл) этамбутола в плазме крови участников исследования
Источник: составлено И.И. Мирошниченко [11]

Максимальная концентрация этамбутола (C_{max}) достигается через 2–4 ч; а за период 24 ч его концентрация в плазме составляет менее 1 мкг/мл, время полувыведения ($T_{1/2}$) находится в пределах 3–4 ч.

Фармакокинетический профиль лекарственного препарата, по ранее опубликованным данным этамбутола, при приеме участниками исследования внутрь в дозе 400 мг [11, с. 20–23] представлен на рисунке 2.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице приводятся значения параметров фармакокинетики этамбутола, полученные путем расчета данных разными программами: «Резольвента», WinNonlin (наиболее распространенная, фактически стандарт, однако дорогостоящая) и PKSolver (надстройка в Excel). В отличие от других программ, «Резольвента» позволяет

рассчитать значение константы абсорбции при внемоделных методах расчета. Также возможно определить стационарный объем распределения. При этом значения общего объема и константы элиминации в терминальной фазе, производные от других параметров, легко подсчитываются:

$$\text{Lambda}_z = \ln_2 / k_{el} = 0,1043 \text{ 1/ч,}$$

$$V_d = Cl / k_{el} = 136,97 \text{ л.}$$

По результатам сопоставления полученных фармакокинетических параметров не было выявлено какого-либо предпочтения в использовании того или иного метода для расчета, путей введения или препарата для указанных ранее фармакокинетических

параметров. Рассчитаны сопоставимые величины, что подтверждает оправданность применения программы «Резольвента».

Полученные данные практически не отличаются от золотого стандарта WinNonlin и, в меньшей степени, от PKSolver (с относительной погрешностью 20% для Lambda_z и не более 10% для остальных параметров). В то же время при расчете среднего времени удерживания лекарственного вещества MRT учитывается среднее время абсорбции.

Полученные при использовании программы «Резольвента» данные фармакокинетических показателей для того или иного препарата можно сохранить под соответствующим названием и открыть повторно с указанием пути введения препарата (рис. 3).

Значения фармакокинетических показателей при пероральном введении этамбутола

Параметры	Ед. измерения	«Резольвента»	WinNonlin	PKSolver
AUC	ч·мкг/мл	25,98	25,98	25,76
$T_{1/2}$	ч	6,64	6,64	6,01
AUMC	ч·мкг/мл	27,99	27,99	27,58
C_{max}	мкг/мл	2,98	2,98	2,98
T_{max}	ч	3,00	3,00	3,00
Cl / F	л/ч	14,29	14,29	14,56
V_{ss} / F	л	117,04	—	—
k_{abs}	1/ч	1,39	—	—
V_d / F	л	—	136,81	126,16
MRT	ч	8,19	8,91	8,64
Lambda_z	1/ч	—	0,10	0,12

Примечание: F – доля поглощенной дозы.

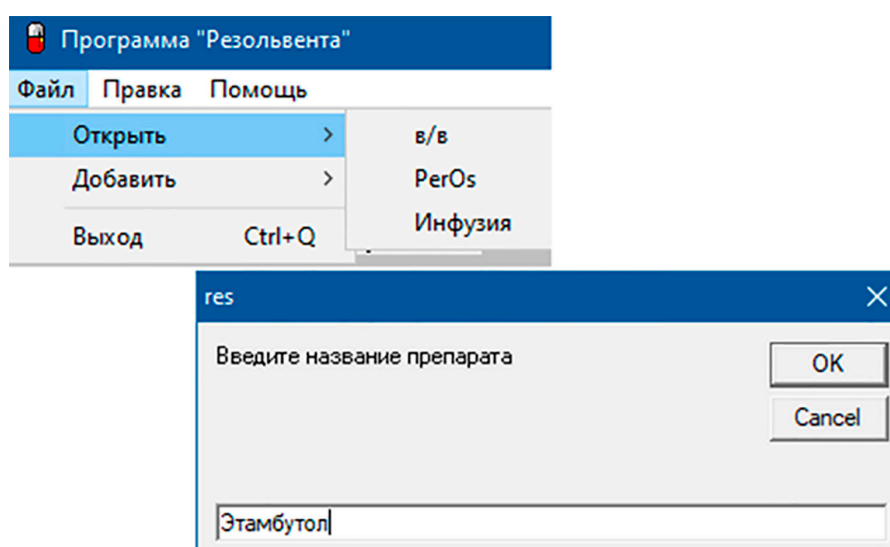


Рис. 3. База данных программы «Резольвента»
Источник: составлено И.И. Мирошниченко

Важно заметить, что в подкаталоге System операционной системы должна находиться библиотека msvbvm50.dll – фактически набор программ, которые поддерживают работу приложений, созданных средствами языка программирования VisualBasic, к которым относится программа «Резольвента», и необходимы в любой операционной системе Windows. Представленная программа не занимает много места на диске (исполняемый файл не более 50 Кбайт), не требует установки в программных файлах.

Заключение

Продукт адаптирован для использования исследователями в области фармакокинетики и успешно применялся для изучения новых лекарственных форм и оценки биоэквивалентности воспроизводимых лекарственных средств. Фармакокинетические параметры на примере этамбутола имеют идентичный характер с WinNonlin, что подтверждает пригодность программы «Резольвента» для фармакокинетических задач.

Список литературы

1. Gumbo T., Iñigo Angulo-Barturen I., Santiago Ferrer-Bazaga S. Pharmacokinetic-Pharmacodynamic and Dose-Response Relationships of Antituberculosis Drugs: Recommendations and Standards for Industry and Academia // *The Journal of Infectious Diseases*. 2015. Vol. 211. Is. 3. P. 96-106. DOI: 10.1093/infdis/jiu610.
2. Арнаутов В. PhoenixWinNonlin. Расчет параметров биоэквивалентности // Conference: Bioequivalencetraining. 2017. С. 1-7. DOI: 10.13140/RG.2.2.30497.10084.
3. Платова А.И. Популяционный фармакокинетический анализ в программе Monolix // *Фармакокинетика и фармакодинамика*. 2021. № 3. С. 36–51. DOI: 10.37489/2587-7836-2021-3-36-51.
4. Biswas S., Chawda M., Thakur K., Gudi R., Bellare J. Physicochemical Variation in Nanogold-Based Ayurved Medicine Suvarna Bhasma Produced by Various Manufacturers Lead to Different In Vivo Bioaccumulation Profiles. // *J. Evid Based Integr Med*. 2021. № 26. P. 2515690X211011064. DOI: 10.1177/2515690X211011064.
5. Shumaker R.C. PKCALC: a BASIC interactive computer program for statistical and pharmacokinetic analysis of data // *Drug Metab Rev*. 1986. Vol. 17 (3-4). P. 331-348. DOI: 10.3109/03602538608998295.
6. Lin X.B., Li Z.W., Yan M., Zhang B.K., Liang W., Wang F., Xu P., Xiang D.X., Xi X.Be., Yu S.J., Lan G.B., Peng F.H. Population pharmacokinetics of voriconazole and CYP2C19 polymorphisms for optimizing dosing regimens in renal transplant recipients // *Br. J. Clin Pharmacol*. 2018. Vol. 84 (7). P. 1587-1597. DOI: 10.1111/bcp.13595.
7. Агафонов А.А., Пиотровский В.К. Программа «M-ind» системы параметров фармакокинетики модельно-независимым методом статистических моментов // *Химико-фармацевтический журнал*. 1991. Т. 25. № 10. С. 16-19.
8. Jawieñ W., Jan Kobierski J. The non-compartmental steady-state volume of distribution revisited // *J Pharmacokin Pharmacodyn*. 2020. Vol. 47 (1). P. 69-75. DOI: 10.1007/s10928-019-09669-w.
9. Mukherjee B. Pharmacokinetics: Basics to Applications. Department of Pharmaceutical Technology. 2022. 325 p.
10. Ndzamba B., Denti P., McIlleron H., Smith P., Mthiyane T., Rustumjee R., Onyebujoh P., Reséndiz-Galván J.E. Pharmacokinetics of ethambutol and weight banded dosing in South African adults newly diagnosed with tuberculosis and HIV // *Antimicrob Agents Chemother*. 2024. № 69 (2). P. e01200-24. DOI: 10.1128/aac.01200-24.
11. Мирошниченко И.И., Тюляев И.И., Зуев А.П. Биодоступность лекарственных средств. М.: Грамотей, 2003. 101 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВИДОВ БОЯРЫШНИКА, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

^{1,2}Прибыткова Л.Н., ¹Душкин А.В.

¹ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск,
e-mail: dushkin@solid.nsc.ru;

²ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет»,
Томск, e-mail: pln56@mail.ru

Препараты на основе растений боярышника оказывают антигипертензивное, кардиопротекторное, кардиотоническое, антиаритмическое, мягкое диуретическое, спазмолитическое, седативное и иное действие, что обусловлено содержанием в них комплекса биологически активных соединений. Химический состав некоторых видов боярышника, произрастающих в России, недостаточно изучен. Цель исследования заключалась в изучении химического состава и антиоксидантной активности плодов и листьев пяти малоизученных североамериканских видов боярышника, культивируемых в Западной Сибири. Объектами исследования служили листья и плоды 5 североамериканских видов боярышника: *Crataegus faxonii* Sarg. (боярышник Факсона); *Crataegus rotundifolia* Moench (боярышник круглолистный); *Crataegus flabellata* Kirchn. (боярышник вееролистный); *Crataegus submollis* Sarg. (боярышник мягковатый); *Crataegus canadensis* Sarg. (боярышник канадский), культивируемых на территории Сибири. Для изучения химического состава исследуемых объектов использовали классические и современные методы анализа: хроматографию на бумаге и в тонком слое сорбента, титриметрические методы, спектрофотометрию, высокоэффективную жидкостную хроматографию. Исследован качественный и количественный состав фенольных соединений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, идентифицированы соединения фенольной природы: кофейная и хлорогеновая кислоты, кверцетин, рутин, апигенин, кемпферол, лутеолин. Методом спектрофотометрии проведено количественное определение флавоноидов (в пересчете на кверцетин) и аскорбиновой кислоты. Проведено определение антиоксидантной активности 70%-ных этанольных экстрактов листьев и плодов изучаемых видов боярышника методом вольтамперометрии. Изучена степень влияния механического измельчения сырья на выход экстрактивных веществ. Показано, что измельчение сырья до дисперсного порошка позволяет увеличить выход экстрактивных веществ, флавоноидов, дубильных веществ, содержащихся в листьях и плодах изучаемых видов боярышника. Все экстракты показали антиоксидантную активность, близкую к стандартным антиоксидантам.

Ключевые слова: боярышник, биологически активные вещества, механохимия, антиоксидантная активность, спектрофотометрия, хроматография, вольтамперометрия

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF POORLY STUDIES OF HAWTHORN CULTIVATED IN WESTERN SIBERIA

^{1,2}Pribytkova L.N., ¹Dushkin A.V.

¹Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: dushkin@solid.nsc.ru;

²Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: pln56@mail.ru

Preparations based on hawthorn plants have antihypertensive, cardioprotective, cardiotonic, antiarrhythmic, mild diuretic, antispasmodic, sedative effects, etc., due to the content of a complex of biologically active compounds. The chemical composition of some hawthorn species growing in Russia has not been sufficiently studied. The purpose of the study was to investigate the chemical composition and antioxidant activity of the fruits and leaves of five poorly studied North American hawthorn species cultivated in Western Siberia. The objects of the study were the leaves and fruits of five North American hawthorn species: *Crataegus faxonii* Sarg. (Faxon's hawthorn); *Crataegus rotundifolia* Moench (round-leaved hawthorn); *Crataegus flabellata* Kirchn. (fan-shaped hawthorn); *Crataegus submollis* Sarg. (soft hawthorn); *Crataegus canadensis* Sarg. (Canadian hawthorn), cultivated in Siberia. Classical and modern methods of analysis were used to study the chemical composition of the objects under study: paper and thin-layer chromatography, titrimetric methods, spectrophotometry, and high-performance liquid chromatography. The qualitative and quantitative composition of phenolic compounds was studied using high-performance liquid chromatography; the following phenolic compounds were identified: caffeic and chlorogenic acids, quercetin, rutin, apigenin, kaempferol, and luteolin. Spectrophotometry was used to quantitatively determine flavonoids (in terms of quercetin) and ascorbic acid. The antioxidant activity of 70% ethanol extracts of leaves and fruits of the studied hawthorn species was determined using voltammetry. The degree of influence of mechanical grinding of raw materials on the yield of extractive substances was studied. It has been shown that grinding the raw material to a dispersed powder allows increasing the yield of extractive substances, flavonoids, tannins contained in the leaves and fruits of the studied hawthorn species. All extracts showed antioxidant activity close to standard antioxidants.

Keywords: hawthorn, biologically active substances, mechanochemistry, antioxidant activity, spectrophotometry, chromatography, voltammetry

Введение

Одним из наиболее крупных по видовому и формовому разнообразию среди древесно-кустарниковых растений является род боярышник (*Crataegus* L.) семейства Rosaceae. Представители этого рода с давних пор являлись объектами интродукции во многих ботанических садах, в том числе и в России [1, с. 120–121; 2; 3].

Препараты из растения рода боярышник (*Crataegus* L.) применяют как кардиотоническое и регулирующее кровообращение средство при сердечных, бессоннице, повышенном артериальном давлении; эти средства не кумулируются в организме, не вызывают привыкания, мягко действуют [4, 5, 6].

В Государственную фармакопею Российской Федерации XV издания (ГФ РФ XV) (ФС.2.5.0061) включено 14 видов боярышника [7], но на территории России не все эти виды обладают большой сырьевой базой. Таким образом, ввиду потребности в сырье и с целью уменьшения экологической нагрузки на официальные виды боярышника является актуальным изучение близкородственных им видов.

Изучаемые авторами виды введены в культуру Сибирским ботаническим садом Томского государственного университета в 1980-е годы. Эти североамериканские виды используют в декоративном садоводстве. Они высокостойки, засухоустойчивы, нетребовательны к почвам, декоративны в течение всего периода вегетации благодаря изящным листьям, окрашивающимся осенью в оранжево-красные тона, многочисленным белым цветкам в щитковидных соцветиях, крупным, многочисленным плодам яркой окраски, украшающим крону в течение двух месяцев. Высокая побегообразовательная способность может сохраняться до 150 лет. Эти виды боярышника являются перспективными объектами для изучения.

Одной из актуальных задач современной фармации являются поиск и исследование перспективных природных источников веществ, обладающих антирадикальной и антиоксидантной активностями [8, 9, 10]. Известно, что высокой антиоксидантной активностью обладают растительные полифенолы [11]. Поэтому антиоксидантная терапия предусматривает потребление природных антиоксидантов в определенном количестве и применение лекарственных препаратов, полученных на основе лекарственных растений.

Цель исследования: изучение химического состава и антиоксидантной активности плодов и листьев пяти малоизученных

североамериканских видов боярышника, культивируемых в Западной Сибири.

Материал и методы исследования

Объектами исследования служили североамериканские виды боярышника: *Crataegus faxonii* Sarg. листья (1), плоды (2); *Crataegus rotundifolia* Moench листья (3), плоды (4); *Crataegus flabellata* Kirchn. листья (5), плоды (6); *Crataegus submollis* Sarg. листья (7), плоды (8); плоды *Crataegus canadensis* Sarg. листья (9), плоды (10); листья *Crataegus faxonii* Sarg., а также листья (11) *Crataegus faxonii* Sarg. и (12) *Crataegus canadensis* Sarg. после механической обработки. Впервые ряд экспериментальных методов исследования был опубликован в [12] и развит авторами в настоящей статье.

Определение содержания экстрактивных веществ в образцах (1–12) проводили по методике 2, описанной в ГФ РФ XV ОФС.1.5.3.0006. [7].

Количественное определение дубильных веществ в образцах (1–12) проводили по методикам, описанным в [7, 13].

Сырье сушили методом воздушно-теновой сушки в хорошо проветриваемых помещениях при температуре 25–27 °С до остаточной влажности не более 12%, измельчали и просеивали через сито с отверстиями 2 мм. Определение влажности проводили термogravиметрическим экспресс-методом на приборе «Элвиз-2». Измельченные высушенные на воздухе листья и плоды изучаемых 5 видов боярышника экстрагировали при комнатной температуре гексаном (трократное настаивание), высушивали на воздухе, экстрагировали 70%-ным этанолом и настаивали в течение суток. Соотношение исходное сырье: растворитель 1:10 по весу. Экстракцию проводили 5 раз. Экстракт фильтровали, после чего объединенные вытяжки концентрировали выпариванием растворителя на водяной бане в вакууме досуха. Получены густые экстракты образцов (1–12).

Предварительное изучение качественного состава полученных экстрактов проводили методом двумерной бумажной хроматографии (БХ) и хроматографии в тонком слое сорбента (ТСХ) на хроматографической бумаге – FN-11 (ГДР), пластинах Silufol UV-254 (Чехия), Sorbfil ПТСХ АФ–А–УФ. Двумерное хроматографирование осуществляли в системах растворителей: I – н-бутиловый спирт: кислота уксусная: вода (4:1:2) / 15%-ная кислота уксусная; для ТСХ использовали систему II – хлороформ: этанол (2:1). В качестве стандартных веществ брали спиртовые растворы кофейной и хлорогеновой кислот, кверцетина, рутина, апигенина, кемпферола, лютеолина.

Детектирование зон адсорбции флавоноидов и фенолкарбоновых кислот проводили в видимом и УФ-свете до и после обработки парами аммиака, 2%-ным спиртовым раствором алюминия хлорида.

Количественное определение суммы флавоноидов в образцах (1–12) проводили на спектрофотометре «Uvicon» 943 с использованием метода, основанного на реакции комплексообразования с алюминия хлоридом в пересчете на кверцетин.

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на кверцетин и абсолютно сухое сырье в процентах вычисляли по формуле:

$$X = \frac{D \cdot 25 \cdot 100 \cdot 100}{764,6 \cdot m \cdot 1 \cdot (100 - W)},$$

где D – оптическая плотность исследуемого раствора; 764,6 – удельный показатель поглощения комплекса кверцетина с алюминия хлоридом при $\lambda_{\max}$ 430 нм; m – масса сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Для определения количественного содержания кислоты аскорбиновой применен разностный метод, основанный на возможности устранения поглощения кислоты аскорбиновой путем ее окисления в присутствии меди сульфата [9]. Анализ проводили на спектрофотометре «Uvicon» 943 при температуре +20°C в кюветах толщиной 1 см на длине волны 220 нм относительно оптической плотности калибровочных образцов (0,001 до 0,01 г/л). Для анализа 0,1 г сухого экстракта растворяли в 25 мл 70%-ного этанола, одну из двух одинаковых порций раствора обрабатывали небольшим количеством натрия сульфата для стабилизации кислоты аскорбиновой. К другой порции добавляли меди сульфат (~5 г на 1 л), который катализирует окисление кислоты аскорбиновой.

Механическую обработку порошка образцов (1) и (9) проводили в планетарно-центрической мельнице АГО-2: ускорение – 60 g; объем барабана – 35 см²; загрузка шаров диаметром 5 мм – 75 г, загрузка обрабатываемого материала – 2,5 г.

Определение антиоксидантной активности образцов (1–12) проводили на приборе

ТА-2 с трехэлектродной ячейкой (рабочий электрод – ртутно-пленочный, сравнения и вспомогательный – хлорсеребряные). В качестве фоновой электролита использовали фосфатный буфер pH = 6,86 (10 мл).

Анализ флавоноидов проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе «Agilent 1100 series LC/MSD». Детектирование осуществляли УФ-детектором при длинах волн: 255 нм, 370 нм и 440 нм. Идентификацию веществ проводили путем сравнения их времени удерживания с таковыми для индивидуальных веществ.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание экстрактивных веществ вычисляли в процентах (X%) в пересчете на абсолютно сухое сырье, полученные результаты представлены в таблице 1.

Наибольший выход экстрактивных веществ в листьях наблюдали в образцах (1), (3), (9); в плодах – в образцах (4) и (10), но он ниже, чем в листьях, примерно в 1,7 раза. В образцах (11) и (12), полученных в результате механической обработки образцов (1) (листья боярышника Факсона), и (9) (листья боярышника канадского) выход экстрактивных веществ выше, чем в исходных образцах, примерно в 1,2 раза.

Методом БХ и специфическими реакциями в образцах (1–12) установлено наличие флавоноидов, фенолокислот, кумаринов, дубильных веществ. Результаты качественных реакций показали присутствие в листьях конденсированных дубильных веществ в образцах (7), (9), (12), в остальных образцах преобладают гидролизующие дубильные вещества. В плодах обнаружены только гидролизующие дубильные вещества. Количественное определение дубильных веществ в образцах (1–12) проводили двумя методами: перманганатометрии (в пересчете на танин) и перманганатометрии в сочетании с осаждением дубильных веществ желатином. За окончательный результат принимали среднее значение 5 последовательных определений, результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1

Содержание экстрактивных веществ в образцах (1–12)

1	3	5	7	9	11	12
41,35%	35,87%	30,47%	33,36%	35,96%	47,07%	38,72%
2	4	6	8	10		
19,00%	21,00%	19,51%	19,92%	20,80%	–	–

Примечание: составлено авторами.

Таблица 2

Результаты определения содержания дубильных веществ в образцах (1–12), полученных методом перманганатометрии (в пересчете на танин)

1	3	5	7	9	11	12
34,41%	24,76%	16,23%	24,64%	28,86%	41,64%	36,71%
2	4	6	8	10		
10,50%	16,21%	11,81%	13,73%	15,91%	–	–

Примечание: составлено авторами.

Таблица 3

Результаты определения содержания дубильных веществ в образцах (1–12), полученных методом перманганатометрии в сочетании с осаждением дубильных веществ желатином

1	3	5	7	9	11	12
2,01%	1,73%	1,21%	1,40%	1,91%	3,30%	3,00%
2	4	6	8	10		
0,91%	0,82%	1,01%	0,78%	0,99%	–	–

Примечание: составлено авторами.

Таблица 4

Содержание флавоноидов в образцах (1–12)

1	3	5	7	9	11	12
2,41%	1,90%	1,11%	0,96%	1,35%	12,27%	7,15%
2	4	6	8	10		
0,51%	0,22%	0,33%	0,25%	0,40%	–	–

Примечание: составлено авторами.

Как видно из таблиц 2 и 3, после механической обработки выход дубильных веществ повысился примерно в 1,5–1,6 раза.

В результате исследования 70%-ных этанольных экстрактов образцов (1–12) хроматографическими методами: БХ в системе I и ТСХ в системе II, ВЭЖХ (детектирование осуществляли УФ-детектором при длине волны 254 нм) – в сравнении с достоверными образцами и литературными данными во всех образцах идентифицированы: гиперозид, кверцетин, рутин, лютеолин, кемпферол, апигенин, хлорогеновая и кофейная кислоты.

Результаты количественного определения суммы флавоноидов в пересчете на кверцетин приведены в таблице 4.

За конечный результат принимали среднее значение трех определений.

Данные таблицы 4 показывают, что содержание флавоноидов в листьях значительно превышает их содержание в плодах. Механохимическая обработка позволила повысить выход флавоноидов примерно

в 5 раз. Наибольшее содержание флавоноидов наблюдается в образцах под номерами (1), (3) и (5). При механохимической обработке листьев *Crataegus faxonii* Sarg и *Crataegus canadensis* Sarg (образцы 11 и 12) выход экстрактивных флавоноидов многократно увеличивается.

По сравнению с фармакопейными видами боярышника, например боярышника кроваво-красного, содержание флавоноидов в листьях боярышника Факсона выше, у остальных видов содержание примерно одинаковое (на уровне 1,5–2%). В плодах фармакопейных видов содержание флавоноидов 0,1–0,3%, в изучаемых авторами видах их содержание чуть больше (около 0,4%).

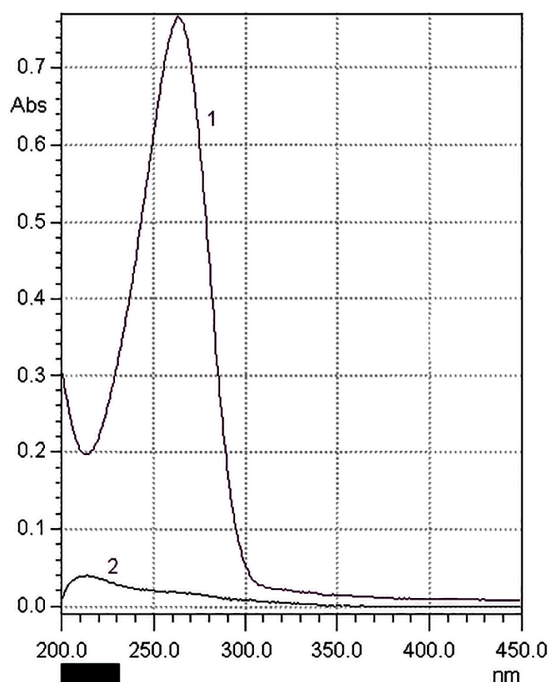
Определение аскорбиновой кислоты. Согласно литературным данным [14], в листьях и плодах боярышника содержится кислота аскорбиновая, которая является стимулятором иммунитета, сильным природным антиоксидантом. Поэтому представляло интерес изучить ее содержание в изучаемых видах боярышника.

Таблица 5

Содержание кислоты аскорбиновой в образцах (1–5)

№ образца	1	2	3	4	5
Концентрация аскорбиновой кислоты, С, г/л	0,0030	0,0028	0,0028	0,0029	0,0031

Примечание: составлено авторами.



Спектр поглощения раствора аскорбиновой кислоты – 1, спектр раствора кислоты аскорбиновой с добавлением меди сульфата – 2
Источник: составлено авторами

На рисунке приведен спектр поглощения раствора кислоты аскорбиновой до и после обработки раствором меди сульфатом. Кривая 2 на рисунке показывает поглощение раствора после устранения аскорбиновой кислоты (в результате реакции с меди сульфатом).

Содержание кислоты аскорбиновой в плодах пяти изучаемых североамериканских видах боярышника представлено в таблице 5.

Определение антиоксидантной активности проводили методом вольтамперометрии [15]. Все образцы показали достаточно высокую антиоксидантную активность по отношению к процессу восстановления кислорода, наиболее активными оказались образцы (1), (7), (9). Эти данные четко коррелируют с содержанием веществ флавоноидной структуры. Образцы (11) и (12) – экстракты, полученные из листьев, подвергну-

тых механической активации, – показали очень хорошую антиоксидантную активность по сравнению с такими стандартными антиоксидантами, как кверцетин и кислота аскорбиновая. Определено, что экстракты плодов обладают большей антиоксидантной активностью по сравнению с экстрактами листьев, поскольку содержание кислоты аскорбиновой в них значительно выше.

Заключение. Проведено исследование химического состава листьев и плодов североамериканских видов боярышника: *Crataegus faxonii* Sarg.; *Crataegus rotundifolia* Moench; *Crataegus flabellata* Kirchn.; *Crataegus submollis* Sarg.; *Crataegus canadensis* Sarg. культивируемых на территории Сибири. Получены 70%-ные этанольные экстракты методами БХ и ТСХ, специфическими реакциями установлено наличие флавоноидов, фенолокислот, кумаринов, дубильных веществ. Методом ВЭЖХ в сравнении с рабочими стандартными образцами идентифицированы: кофейная и хлорогеновая кислоты, кверцетин, рутин, апигенин, кемпферол, лютеолин. Определено содержание экстрактивных веществ в листьях (30,47–41,35%) и плодах (19,00–21,00%); фенольных соединений в листьях (16,23–34,41%), в плодах (10,50–16,21%) изучаемых объектов. Методом спектрофотометрии проведено количественное определение флавоноидов в пересчете на кверцетин и кислоту аскорбиновую, содержание флавоноидов в листьях (0,96–2,41%) выше, чем в плодах (0,22–0,51); содержание кислоты аскорбиновой определяли только в плодах ($\approx 0,03\%$). Отмечено, что механическая обработка / измельчение сырья до дисперсного порошка позволяют увеличить выход экстрактивных веществ, фенольных соединений и флавоноидов. Проведено определение антиоксидантной активности 70%-ных этанольных экстрактов плодов изучаемых видов боярышника методом вольтамперометрии. Все экстракты показали антиоксидантную активность, близкую к стандартным антиоксидантам.

Список литературы

1. Яковлева Г.П. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений. СПб.: СпецЛит, 2015. 759 с.

URL: <https://studfile.net/preview/16369269/> (дата обращения: 10.02.2025).

2. Мазина И.Г., Харченко А.Л. Некоторые исторические аспекты интродукции представителей рода *Crataegus* L. в Никитский ботанический сад // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Вып. 124. С. 28-38. URL: <https://boolt.nbgnsr.ru/vypuski-byulletenya/2017-№124/2017-№124-4/> (дата обращения: 10.02.2025).

3. Сагарадзе В.А., Бабаева Е.Ю. Ресурсы и использование растений рода *Crataegus* (Rosaceae) азиатской части России // Растительные ресурсы. 2022. Т. 58, № 1. С. 5-19. DOI: 10.31857/S0033994622010125.

4. Кароматов И.Д., Жалилов Н.А. Химический состав и лечебные свойства боярышника // Биология и интегративная медицина. 2019. № 1. С. 109-141. URL: <http://integmed.uz/files/1n2019.pdf> (дата обращения: 10.02.2025).

5. Атабаева О.Ш. Систематический обзор фармакологических эффектов действующих веществ боярышника кроваво-красного при сердечно-сосудистых заболеваниях // Сибирский научный медицинский журнал. 2023. Т. 43, № 5. С. 50-61. DOI: 10.18699/SSMJ20230505.

6. Дедов Д.В. Препарат «Кардиотон»: фармакологические свойства боярышника кроваво-красного, возможность его применения у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями // Врач. 2023. № 3. С. 78-82. URL: <https://vrachjournal.ru/ru/25877305-2023-05-14?ysclid=m802zgnm7338287988> (дата обращения: 10.02.2025).

7. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. М., 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (дата обращения: 10.02.2025).

8. Куркин В.А., Порошков В.В., Куркина А.В., Авдеева Е.В., Правдивцева О.Е. Флавоноиды лекарственных растений: прогноз антиоксидантной активности // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 1-7. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23252> (дата обращения: 12.02.2025).

9. Тринеева О.В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического

происхождения в фармации // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. № 4. С.180-197. URL: <https://www.pharmjournal.ru/jour/article/view/515/510> (дата обращения: 10.02.2025).

10. Батуева Ю.А., Торопова А.А., Мондодоев А.Г., Шантанова Л.Н. Мембраностабилизирующее и антиоксидантное действие комплексного растительного средства «литофит» в тест-системах in vitro // Сибирский медицинский журнал. 2015. № 5. С. 122-124. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/membranostabiliziruyushee-i-antioksidantnoe-deystvie-kompleksnogo-rastitelnogo-sredstva-litofit-v-test-sistemah-in-vitro/viewer> (дата обращения: 12.02.2025).

11. Пояркова Н.М., Сапаркльчева С.Е. Физиологическая роль фенольных соединений // Аграрное образование и наука. 2019. № 4. С. 14. URL: <http://http-www.urgau.ru/ru/4-2019/32-4-2019> (дата обращения: 12.02.2025).

12. Томсон И.В. Исследование химического состава и антиоксидантной активности БАВ малоизученных видов боярышника: Материалы 68-й Всероссийской итоговой научной студенческой конференции им. Н.И. Пирогова (г. Томск, 20-22 апреля 2009 г.). Томск: Издательство Сибирского государственного медицинского университета, 2009. 214 с.

13. Разаренова К.Н., Жохова Е.В. Сравнительная оценка содержания дубильных веществ в некоторых видах рода *Geranium* L. флоры Северо-Запада // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 187-192. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-soderzhaniya-dubilnyh-veschestv-v-nekotoryh-vidah-roda-geranium-l-flory-severo-zapada/viewer> (дата обращения: 12.02.2025).

14. Скрыпник Л.Н., Мельничук И.П., Королева Ю.В. Пищевая и биологическая ценность плодов боярышника *Crataegus oxyacantha* L. // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 265-275. DOI: 10.14258/jcprm.2020015452.

15. Kim D.O., Lee C.H. Comprehensive study on vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2007. Vol. 44. № 2. P. 253-273. DOI: 10.1080/10408690490464960.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 532.6:546.22

ОТКРЫТАЯ КВАНТОВАЯ СИСТЕМА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ
АТОМНО-ГЛАДКИХ МЕТАЛЛОВ¹Юров В.М., ²Гончаренко В.И., ²Олешко В.С., ¹Жангозин К.Н.¹ТОО «ТСК Восток», Караганда, Астана, e-mail: exciton@list.ru;²ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)», Москва,
e-mail: OleshkoVS@mai.ru

Поверхностный слой атомно-гладких металлов рассмотрен как открытая квантовая система, где эволюция матрицы плотности следует эффективному неэрмитову гамильтониану. В этом случае собственные состояния неэрмитового оператора локализованы на межфазной границе и предполагают неблоховское соответствие объем – граница. Целью настоящей статьи является обсуждение превращения энергии деформации в другие виды энергии при внешних воздействиях на открытую квантовую систему поверхностного слоя атомно-гладких металлов. Показано, что поверхностный слой представляет собой двойной электрический слой и нелинейный конденсатор, из-за наличия размерных эффектов, а энергия деформации равна энергии Ферми электронов объемного металла. Всякое изменение параметров внешней среды (давление, температура и пр.) сказывается на свойствах поверхностного слоя (образование дислокаций, трещин и пр.), особенно на межфазной границе (энергия деформации). Все это приводит к изменению энергии деформации путем акустоэмиссии металла, автоэлектронной эмиссии электронов, фактолюминесценции металла и пр. Предложенная в статье модель превращения энергии деформации в другие виды энергии позволяет исследовать состояние металлических конструкций в процессе их эксплуатации. Это актуально для теоретического осмысления систем неразрушающего контроля деталей в авиации и ракетно-космической технике, в машиностроении и пр.

Ключевые слова: металл, деформация, энергия, акустоэмиссия, автоэлектронная эмиссия, работа выхода, фактолюминесценция

Данная научная статья опубликована в рамках выполнения грантового финансирования на 2024–2026 гг. ИРН № AP32488258 «Разработка инновационной технологии получения графена интеркаляцией графита микрокластерной водой и модификация графеном ВТСП керамики» (исследование финансируется МОН РК).

OPEN QUANTUM SYSTEM OF THE SURFACE LAYER
OF ATOMIC-SMOOTH METALS¹Yurov V.M., ²Goncharenko V.I., ²Oleshko V.S., ¹Zhangozin K.N.¹TSC Vostok LLP, Karaganda, Astana, e-mail: exciton@list.ru;²Moscow Aviation Institute (National Research University, Moscow, e-mail: OleshkoVS@mai.ru

The surface layer of atomically smooth metals is considered as an open quantum system, where the evolution of the density matrix follows an effective non-Hermitian Hamiltonian. In this case, the eigenstates of the non-Hermitian operator are localized at the interface and assume a non-Bloch bulk-boundary correspondence. The purpose of this paper is to discuss the transformation of the strain energy into other types of energy under external influences on the open quantum system of the surface layer of atomically smooth metals. It is shown that the surface layer is a double electric layer and a nonlinear capacitor, due to the presence of size effects, and the strain energy is equal to the Fermi energy of electrons in the bulk metal. Any change in the parameters of the external environment (pressure, temperature, etc.) affects the properties of the surface layer (formation of dislocations, cracks, etc.), especially at the interface (strain energy). All this leads to a change in the strain energy by means of metal acoustic emission, electron field emission, metal fractoluminescence, etc. The model of transformation of deformation energy into other types of energy proposed in the article allows to study the state of metal structures during their operation. This is relevant for theoretical understanding of non-destructive testing systems for parts in aviation and rocket and space technology, in mechanical engineering, etc.

Keywords: metal, deformation, energy, acoustic emission, field emission, work function, fractal luminescence

This scientific article was published within the framework of the grant funding for 2024–2026. IRN No. AR32488258 “Development of an innovative technology for obtaining graphene by intercalation of graphite with microcluster water and modification of HTSC ceramics with graphene” (the research is funded by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan).

Введение

В работе [1] была описана квантовая структура поверхностного слоя R(I) атомно-гладких металлов (АГМ). Слой R(I) описывается уравнением Шредингера без при-

влечения внешних воздействий, то есть без внешней среды. В настоящей статье рассмотрен вопрос о поверхностном слое с учетом внешних воздействий, то есть в открытой квантовой системе, где не работают

уравнения Шредингера, а работают уравнения Линдблада [2] и где эволюция матрицы плотности следует эффективному неэрмитову гамильтониану. Одним из явлений неэрмитовых систем является неэрмитов скин-эффект [3], а именно то, что большинство собственных состояний неэрмитового оператора локализованы на границах, что предполагает неблоховское соответствие объем – граница [4] и неблоховскую зонную теорию, основанную на обобщенной зоне Бриллюэна [5]. В статье рассмотрен раздел объем – межфазная граница АГМ, где формируется зона деформации со своей энергией E_d , которая описывается уравнением [6]:

$$E_d = \frac{1}{n} W_a \cdot R(I)^2 = W_a \cdot R(I) \cdot a, \quad (1)$$

где W_a – энергия адгезии, a – постоянная кристаллической решетки.

Для АГМ энергия деформации E_d , определенная по формуле (1), показана в табл. 1.

Энергия деформации при внешнем воздействии расходуется на тепло, на акустоэмиссию (распространение звуковых волн),

автоэлектронную эмиссию (испускание медленных электронов) и фрактолюминесценцию.

Цель исследования. В работе обсуждается превращение энергии деформации в другие виды энергии при внешних воздействиях на открытую квантовую систему поверхностного слоя атомно-гладких металлов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись АГМ по Джексону [1]. Метод исследования включал уравнение (1) и формулы работы [1] и их сравнение с энергией Ферми электронного газа атомно-гладких металлов.

Результаты исследования и их обсуждение

Энергия деформации поверхностного слоя ненагруженных АГМ

Поверхностный слой $R(I)$ металла имеет размеры от 1 до 6 нм [1], то есть представляет собой наноструктуру. В поверхностном слое $R(I)$ происходят релаксация или реконструкция [7, с. 205] атомных монослоев (рис. 1).

Таблица 1

Энергия деформации E_d некоторых АГМ

АГМ	$E_d, (E_F)$ эВ	АГМ	$E_d, (E_F)$ эВ	АГМ	$E_d, (E_F)$ эВ	АГМ	$E_d, (E_F)$ эВ
Be	15,61 (15,85)	Cu	7,68 (7,93)	Mo	7,16 (6,57)	Re	9,38 (10,80)
Al	11,73 (11,7)	Ag	5,64 (6,15)	W	12,23 (10,42)	Fe	12,0 (12,72)
Si	12,61 (8,84)	Au	6,10 (6,23)	Mn	9,73 (12,25)	Co	12,9 (13,22)
Ge	10,77 (8,09)	Cr	7,26 (7,80)	Tc	6,08 (9,91)	Ni	13,06 (13,22)

Источник: составлено авторами.

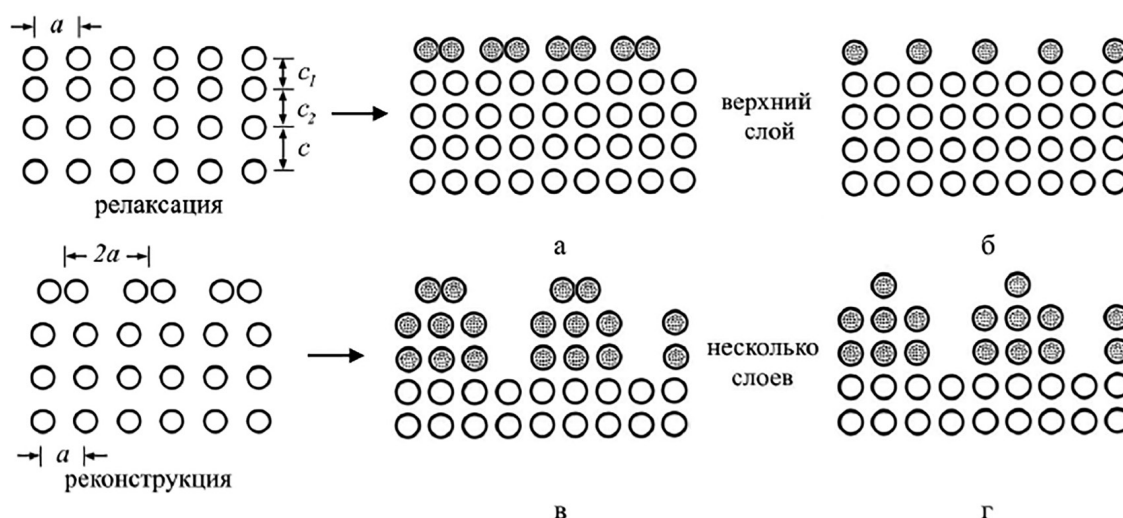


Рис. 1. Преобразование поверхности металла
Источник: составлено авторами

У большинства металлов происходит релаксация поверхности. На поверхностях некоторых ГЦК металлов (например, Au, Ir и Pt), а также переходных ОЦК металлов (W и Mo) наблюдаются реконструкции [7, с. 205]. И релаксация, и реконструкция поверхности приводит к возникновению напряженно-деформируемых состояний, которые характеризуются энергией деформации металла E_d в ненагруженном состоянии (табл. 1).

*Превращение энергии деформации
в тепловую энергию
электронного газа АГМ*

Температура электронного газа в металле T_F определяется энергией Ферми E_F [8, с. 34] и равна $T_F = E_F / k_B$, где $k_B = 8,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К – постоянная Больцмана.

Энергия Ферми E_F электронного газа определяется выражением

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m} = \frac{50,1 \cdot \text{эВ}}{(r_s / a_0)^2}, \quad (2)$$

где k_F – волновой вектор Ферми; r_s – радиус сферы, приходящийся на один электрон

проводимости; m – масса электрона; a_0 – радиус атома водорода.

Значения энергии Ферми показаны в скобках в табл. 1 [9, с. 8, 10], а T_F представлено в табл. 2.

Из табл. 1 видно, что энергия $E_F \approx E_d$. Это означает, что на межфазной границе, то есть при $z = R(I)$, собираются электроны с энергией деформации E_d , равной энергии Ферми E_F , которая характерна для объемного (3D) металла. С термодинамической точки зрения такое равенство энергий означает равенство на межфазной границе химических потенциалов, что соответствует равновесию слоя $R(I)$ (2D), погруженного в термостат объемного (3D) металла. Схему поверхностного слоя $R(I)$ представим на рис. 2, а.

Из рис. 2, а, следует, что слой $R(I)$ представляет собой двойной электрический слой (ДЭС), теория которого освещена в работах [11, с. 7, 12, 32] и на рис. 2, б. Слой $R(I)$ представляет собой нелинейный конденсатор, из-за наличия размерных эффектов [1], и его схема похожа на работу [13, с. 124].

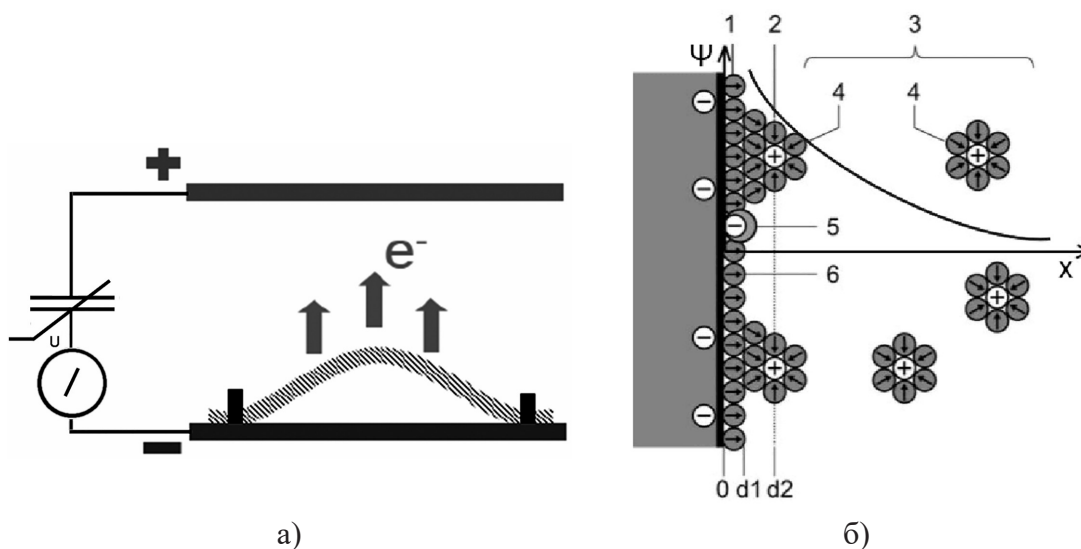


Рис. 2. Схема поверхностного слоя $R(I)$ АГМ (а), схема ДЭС (б)
Источник: составлено авторами по [11]

Таблица 2

Температура T_F некоторых АГМ

АГМ	$T_F \cdot 10^4$ К	АГМ	$T_F \cdot 10^4$ К	АГМ	$T_F \cdot 10^4$ К	АГМ	$T_F \cdot 10^4$ К
Be	6,34	Cu	8,94	Mo	12,5	Re	10,9
Al	9,08	Ag	6,56	W	14,2	Fe	4,76
Si	14,7	Au	7,09	Mn	11,7	Co	4,57
Ge	12,5	Cr	5,63	Tc	8,6	Ni	4,50

Источник: составлено авторами.

Таблица 3

Собственная частота волн Лэмба для АГМ

АГМ	$\lambda = R(I)$, нм	$v_{\perp}$, м/с	f_o , ТГц ($E_{\text{ТГц}}$, эВ)	АГМ	$\lambda = R(I)$, нм	$v_{\perp}$, м/с	f_o , ТГц ($E_{\text{ТГц}}$, эВ)
Be	0.8 (3)	6400	8,00 (15,25)	Mo	1.8 (5)	2700	1,50 (7,86)
Al	1.6 (4)	3130	1,96 (14,81)	W	1.6 (5)	2620	1,64 (9,86)
Si	2.1 (4)	2200	1,05 (12,94)	Mn	1.1 (2)	2575	2,34 (11,41)
Ge	2.4 (4)	2700	1,13 (11,79)	Tc	1.4 (5)	8100	5,79 (10,81)
Cu	1.2 (3)	2260	1,88 (8,06)	Re	1.5 (5)	2350	1,96 (8,91)
Ag	1.7 (4)	1590	0,94 (5,23)	Fe	1.2 (3)	3250	2,71 (10,78)
Au	1.7 (4)	1200	0,81 (5,16)	Co	1.1 (3)	2360	2,15 (9,58)
Cr	1.2 (4)	2970	1,48 (6,68)	Ni	1.1 (3)	2960	2,69 (10,19)

Источник: составлено авторами.

Превращение энергии деформации в акустоэмиссию АГМ

На сегодняшний день известно несколько источников акустоэмиссии металлов: движение дислокаций; зарождение и рост трещин; процесс двойникования [14, с. 12]. Авторы добавляют в этот список превращение энергии деформации в акустоэмиссию. Поскольку слой $R(I)$ представляет собой конечную 2D-наноструктуру, то здесь могут распространяться следующие типы волн: Лэмба; Рэлея; Стоунли и Лявы [15; 16]. Для микроэлектроники авторы применяют волны Лэмба и Явы [17; 18, с. 18], для горных пород и сейсмоакустики авторы применяют волны Рэлея и Стоунли [19; 20]. Для металлов в промышленности, в авиационной и ракетной технике авторы используют волны Лэмба [21; 22], теория которых продолжается до сих пор [23; 24].

Рассмотрим волны Лэмба. Согласно работе [24] длина первой волны Лэмба равна толщине слоя, то есть $\lambda = R(I)$. Для коротких волн длины волн равны $\lambda_n = R(I) / n$, где n – число монослоев (в скобках табл. 3). Авторы рассчитали собственную частоту $f_o = v_{\perp} / R(I)$ волны Лэмба для АГМ (табл. 3), где $v_{\perp}$ – скорость поперечной волны объемного металла.

Из табл. 3 видно, что волны Лэмба в нанослое $R(I)$ имеют собственную частоту f_o в терагерцевом диапазоне, исследование которого начато недавно [25] и продолжается до сих пор [26; 27]. Кванту энергии $E = h \cdot f_o$ в 1 ТГц соответствует температура $T_{\text{ТГц}} = 47,7$ К. Тогда отношение температуры T_F из табл. 2 к температуре $T_{\text{ТГц}}$ даст число квантов суммарной энергии $E_{\text{ТГц}}$ волн Лэмба. Такие расчеты представлены в скобках табл. 3, из которой следует

$E_{\text{ТГц}} \approx E_F \approx E_d$. Итак, энергия деформации превращается в акустоэмиссию при внешнем воздействии (лазерное облучение, ультразвук и пр.).

Превращение энергии деформации в автоэлектронную эмиссию АГМ

Для эмиссии электронов из металлов с атомно-гладкой поверхностью применяют теорию Фаулера – Нордгейма (рис. 3, а), формула которой выглядит так [28, с. 16]:

$$j \approx \frac{a \cdot E^2}{\Phi} \cdot \exp\left(-\frac{b \cdot \Phi^{3/2}}{E}\right). \quad (3)$$

где j – плотность тока (А/см²), E – локальное электрическое поле у поверхности эмиттера (В/см), Φ – работа выхода (эВ), a, b – постоянные.

Вольт-амперная характеристика характерна для вакуумного диода и отвечает рис. 2, б. Теория Фаулера – Нордгейма хорошо описывает экспериментальные результаты для металлических эмиттеров в форме острия, когда его радиус больше 100 нм. Когда радиус эмиттера меньше 10 нм, то теория Фаулера – Нордгейма дает слишком завышенные результаты [28]. Авторами показано, что толщина поверхностного слоя $R(I)$ АГМ составляет 1–6 нм. Автоэмиссия электронов из твердого тела используется при изготовлении автокатодов из различных материалов – вольфрама, молибдена, рения, платины, хрома, ниобия, гафния и различных полупроводников [29].

Величина работы выхода электронов для АГМ из рис. 3, а, равна $\Phi = W - E_F$ и представлена в табл. 4 по результатам справочников [30].

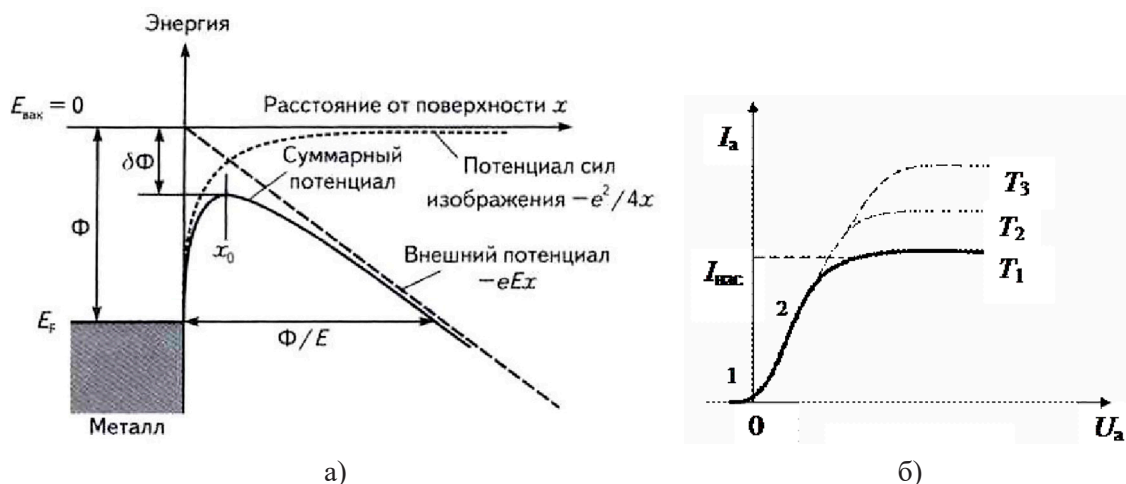


Рис. 3. Потенциальная энергия электрона около металлической поверхности из-за наложения электрического поля напряженностью E . Суммарный потенциал (сплошная линия) складывается из потенциала сил изображения и внешнего потенциала, Φ – работа выхода без поля, $\Delta\Phi$ – изменение работы выхода с полем (а); вольт-амперная характеристика (б)
Источник: составлено авторами

Таблица 4

Работа выхода электронов некоторых АГМ

АГМ	$\Phi \cdot (2\Phi)$, эВ	АГМ	$\Phi \cdot (2\Phi)$, эВ	АГМ	$\Phi \cdot (2\Phi)$, эВ	АГМ	$\Phi \cdot (2\Phi)$, эВ
Be	3,9 (7,8)	Cu	4,4 (8,8)	Mo	4,2 (8,4)	Re	5,0 (10,0)
Al	4,2 (8,4)	Ag	4,7 (9,4)	W	4,6 (9,2)	Fe	4,7 (9,4)
Si	4,7 (9,4)	Au	4,8 (9,6)	Mn	4,0 (8,0)	Co	4,4 (8,8)
Ge	4,7 (9,4)	Cr	4,6 (9,2)	Tc	–	Ni	5,0 (10,0)

Источник: составлено авторами.

Из сравнения табл. 4 с табл. 1 и 3 следует, что $\Phi = 0,5E_F$, так что порог эмиссии будет равен

$$\delta\Phi = 0,5E_F / e \cdot R(I),$$

где e – заряд электрона. Знание величины $\delta\Phi$ актуально для систем микроволновой связи, визуализации ИК-излучения, радиочастотной локации.

Превращение энергии деформации в фрактолюминесценцию АГМ

Фрактолюминесценция (ФЛ) – это излучение света от разрушения кристалла. Разрушение кристалла может происходить при трении, а излучение света при этом названо триболюминесценцией (ТЛ), которое является синонимом ФЛ. Существуют две основные точки зрения по поводу причин возникновения ФЛ и ТЛ [31]. Одни авторы относят ФЛ и ТЛ к газовому разряду между берегами растущих трещин, а другие – приписывают электронно-возбужденным свободным радикалам на берегах трещин. До настоящего

времени дискуссия по возникновению ФЛ и ТЛ продолжается.

В работе [32] металлические мишени из платины, серебра и золота облучались лазером с тыльной стороны и измерялись фотоны люминесценции и электроны, испущенные из металла. Оказалось, что импульсы фотонов совпадают с импульсами электронов, то есть при деформации металлических мишеней одновременно происходит превращение энергии E_d в фрактолюминесценцию и автоэлектронную эмиссию электронов. Тогда длину фотонов для АГМ авторы данной статьи определяют аналогично, то есть $\lambda = \hbar \cdot c / 0,5E_d$ (табл. 5).

Видимый свет (380–750 нм) не включает в себя металлы Be, Al, Si, Ge, W, Fe, Co, Ni, а люминесценция их расположена в ультрафиолете. Фрактофотолуминесценция чистых металлов практически не исследована, поскольку свечение у них слабое и расположено у большинства из них вне видимой области спектра. Для цепочек из золота люминесценция исследовалась в работе [33] и показана на рис. 5.

Таблица 5

Длина волны максимума фрактолуминесценции АГМ

АГМ	λ , нм	АГМ	λ , нм	АГМ	λ , нм	АГМ	λ , нм
Be	256	Cu	521	Mo	559	Re	426
Al	341	Ag	609	W	328	Fe	333
Si	318	Au	556	Mn	411	Co	310
Ge	368	Cr	552	Tc	667	Ni	307

Источник: составлено авторами.

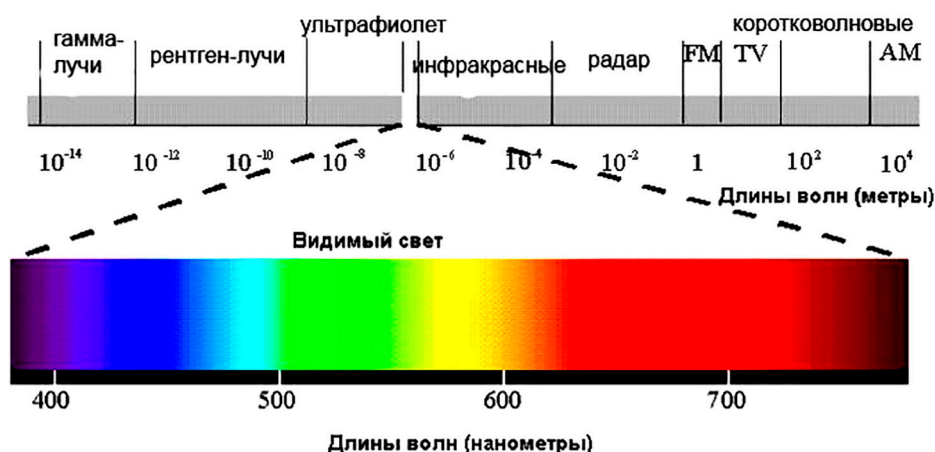


Рис. 4. Электромагнитный спектр (imtiposar.ru)

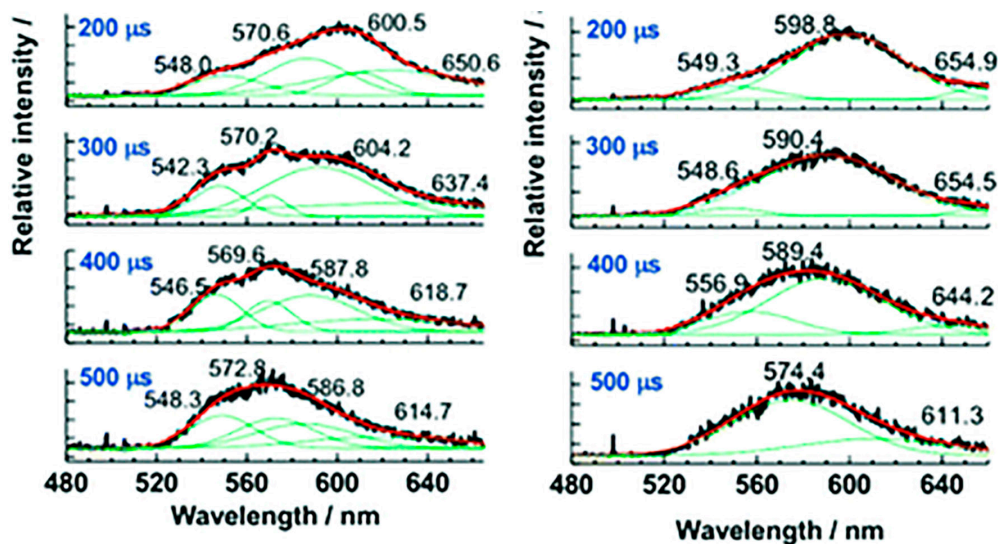


Рис. 5. Спектры люминесценции золота с временным разрешением и их кривые деконволюции (зеленые) при 77 K ($\lambda_{ex} = 355$ нм) [33]

Чтобы сравнить данные табл. 5, приведем спектр электромагнитных волн (рис. 4). Сравнение рис. 5 и табл. 5 приводит к выводу, что модель авторов данной статьи о превращении энергии деформации в люминесценцию чистых металлов при внешнем возбуждении верна.

Закключение

В статье показана исключительная роль поверхностного слоя чистых металлов, особенно его межфазной поверхности, где сосредоточена энергия деформации. При внешних воздействиях (ультразвук,

электрическое или магнитное поле и пр.) энергия деформации становится источником акустоэмиссии, инъекции электронов и пр., то есть становится методом неразрушающего контроля металлических изделий.

Список литературы

1. Юров В.М., Гончаренко В.И., Олешко В.С., Жангозин К.Н. Квантовые свойства поверхностного слоя атомно-гладких металлов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2024. № 12. С. 52–57. DOI: 10.17513/mjpf.13682.
2. Diehl S., Rico E., Baranov M.A., Zoller P. Topology by dissipation in atomic quantum wires // Nat. Phys. 2011. Vol. 7. P. 971–986. DOI: 10.1038/nphys2106.
3. Yao S., Wang Z. Edge States and Topological Invariants of Non-Hermitian Systems // Phys. Rev. Lett. 2018. Vol. 121. 086803. DOI: 10.48550/arXiv.1803.01876.
4. Kunst F.K., Edvardsson E., Budich J.C., Bergholtz E.J. Biorthogonal Bulk-Boundary Correspondence in Non-Hermitian Systems // Phys. Rev. Lett. 2018. Vol. 121. 026808. DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.026808.
5. Deng T.-S., Yi W. Non-bloch topological invariants in a non-Hermitian domain wall system // Phys. Rev. B. 2019. Vol. 100. 035102. DOI: 10.1103/PhysRevB.100.035102.
6. Yurov V.M., Zhangozin K.N., Kargin D.B. Mechanism of luminescence of carbon materials // German International Journal of Modern Science. 2025. № 98. P. 58–66. DOI: 10.5281/zenodo.14910955.
7. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. М.: Наука, 2006. 490 с.
8. Абрикосов А.А. Основы теории металлов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 600 с.
9. Глазков В.Н. Свойства электронного ферми-газа. М.: МФТИ, 2022. 35 с.
10. Платонова Е.С., Бучинская В., Юров В.М. Термодинамическая модель образования коррозионного пятна на металле // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 3281–3284.
11. Писарева Т.А., Борисова Е.М., Решетников С.М. Создание и изучение эффективных суперконденсаторов на основе двойного электрического слоя. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. 96 с.
12. Салем Р.Р. Теория двойного слоя. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 104 с.
13. Клещ В.И. Эмиссия электронов из углеродных наноструктур: дис. ... докт. физ.-мат. наук. Москва, 2024. 323 с.
14. Буйло С.И. Физико-механические, статистические и химические аспекты акустико-эмиссионной диагностики. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. 184 с.
15. Петухов Ю.В. К теории поверхностных волн Лэмба, Стоунли–Шолтэ и Рэлея, распространяющихся вдоль границы раздела Земля – Атмосфера // Акустический журнал. 1992. Т. 38. Вып. 4. С. 738–744.
16. Mahmoodian M., Eskandari-Ghadi M., Nikkhoo A. Rayleigh, Love and Stoneley waves in a transversely isotropic saturated poroelastic media by means of potential method // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2020. Vol. 134. P. 106139. DOI: 10.1016/j.soildyn.2020.106139.
17. Гуляев Ю.В., Хикернелл Ф.С. Акустоэлектроника: история, современное состояние и новые идеи для новой эры // Акустический журнал. 2005. Т. 51, № 1. С. 101–110.
18. Титов С.А. Многоэлементная акустическая микроскопия: дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2022. 313 с.
19. Загорский Л.С., Шкурятник В.Л. Метод определения вертикального сейсмического разреза массива горных пород с использованием волн типа Рэлея // Акустический журнал. 2013. Т. 59, № 2. С. 222–231. 1)01: 10.7868/S0320791913020147.
20. Беседина А.Н., Тубанов Ц.А. Микросейсмы как инструмент геофизических исследований. Состояние вопроса // Вулканология и сейсмология. 2023. № 2. С. 12–32. DOI: 10.31857/S0203030623700116.
21. Кузнецов С.В. Волны Лэмба в анизотропных пластинах (обзор) // Акустический журнал. 2014. Т. 60, № 1. С. 90–100. DOI: 10.7X68/S0320791914010092.
22. Смирнова М.С., Теплякова А.В. Влияние несплошностей на распространение волн Лэмба в пластинах // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2024. Т. 17, № 2. С. 54–60. DOI: 10.32603/2071-8985-2024-17-2-54-60.
23. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.
24. Мокряков В.В. Внутренние антисимметричные волны Лэмба // Акустический журнал. 2023. Т. 69, № 3. С. 284–294. DOI: 10.31857/S0320791922600573.
25. Ахмеджанов Р.А., Иляков И.Е., Миронов В.А., Оладышкин И.В., Суворов Е.В., Фадеев Д.А., Шишкин Б.В. Генерация терагерцового излучения при взаимодействии интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов с поверхностью металла // Известия вузов. Радиофизика. 2014. Т. LVII, № 11. С. 902–911.
26. Гибин И.С., Котляр П.Е. Оптико-акустические приемники ИК- и ТГц-излучения с нанооптоэлектромеханическими элементами на основе однослойного графена // Автометрия. 2021. Т. 57, № 1. С. 57–67. DOI: 10.15372/AUT20210107.
27. Никитин П.А. Акустооптические методы в терагерцевом диапазоне // Светотехника. 2022. № 5. С. 52–58.
28. Fursey G.N. Field Emission in Vacuum Microelectronics. NY.: Kluwer Academic, 2005. 205 p.
29. Шестеркин В.И. Эмиссионно-эксплуатационные характеристики различных типов автоэмиссионных катодов // Радиотехника и электроника. 2020. Т. 65, № 1. С. 3–30. DOI: 10.31857/S0033849420010040.
30. Гончаренко В.И., Олешко В.С. Метод контактной разности потенциалов в оценке энергетического состояния поверхности металлических деталей авиационной техники: монография. М.: Изд-во МАИ, 2019. 160 с.
31. Веттегрень В.И., Пономарев А.В., Кулик В.Б., Малимов Р.И., Щербаков И.П. Разрушение кварцевого диода при трении // Геофизические исследования. 2020. Т. 21, № 4. С. 35–50. DOI: 10.21455/gr2020.4-3.
32. Абрамова К.Б., Русаков А.И., Семенов А.А., Щербаков И.П. Люминесценция металлов, возбуждаемая при быстрой неразрушающей нагрузке // Физика твердого тела. 1998. Т. 40, № 6. С. 957–965.
33. Seifert T.P., Naina V.R., Feuerstein Th.J., Knufel N.D. and Roesky P.W. Molecular gold strings: aurophilicity, luminescence and structure–property correlations // Nanoscale. 2020. Vol. 12. P. 20065–20088. DOI: 10.1039/d0nr04748a.