

**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

№ 3 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 – 31.03.2025

Дата выхода номера – 30.04.2025

Формат 60х90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

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

Распространяется по свободной цене

Усл. печ. л. 6,1

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2025/3

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

- МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЫШЕВИДНЫХ
ГРЫЗУНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО
ЗАПОВЕДНИКА КАРАТАЛ-ЖАПЫРЫК
Карипова Н.Т., Калдыбаев Б.К. 5

- ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ РОДА *IRIS* (*IRIDACEAE*)
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА БОТАНИЧЕСКИЙ
САД ИМЕНИ Э. ГАРЕЕВА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (ГОРОД БИШКЕК)
Попова И.В. 13

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

- ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМА НА ЗДОРОВЬЕ
НАСЕЛЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕГО СНИЖЕНИЮ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Егорова А.М., Егорова М.В. 18

- ОЦЕНКА НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ
ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ НА ГРУДНОМ ВСКАРМЛИВАНИИ
Кукпекова Л.В., Лобанов Ю.Ф., Черников В.В., Винярская И.В. 23

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

- РЕДКАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЛИМФАНГИОМЫ В ГЛОТОЧНОМ
КОЛЬЦЕ, КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ОДНОСТОРОННЕГО
ПОРАЖЕНИЯ НЕБНОЙ МИНДАЛИНЫ
Кривопапов А.А., Коркмазов М.Ю., Алексанян Ю.С., Асламбекова А.А. 28

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

- МЕТОД РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПОЛОГИИ МАРКОВСКИХ
ГРАФОВ И ДЕРЕВА ОТКАЗОВ
Морозов В.Б., Морозова М.А. 34

- МЕТОДИКА УНИФИКАЦИИ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДЛЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ
Лелейкин С.С. 40

- МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ НА ОСНОВЕ
СИММЕТРИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ РЯДОВ
Приходько А.А. 45

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

MORPHOMETRIC FEATURES OF MURINE RODENTS IN THE KARATAL-ZHAPYRYK STATE NATURE RESERVE <i>Karipova N.T., Kaldybaev B.K.</i>	5
---	---

FORMATION OF THE GENUS IRIS COLLECTION IN RESEARCH INSTITUTE OF THE GAREEV BOTANICAL GARDEN OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE KYRGYZ REPUBLIC (BISHKEK) <i>Popova I.V.</i>	13
---	----

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF NOISE ON PUBLIC HEALTH AND MEASURES TO REDUCE IT IN MODERN CONDITIONS <i>Egorova A.M., Egorova M.V.</i>	18
--	----

ASSESSMENT OF NERVOUS-MENTAL DEVELOPMENT OF BREASTFEEDING CHILDREN IN THE FIRST YEAR OF LIFE <i>Kukpekova L.V., Lobanov Yu.F. Chernikov V.V., Vinyarskaya I.V.</i>	23
--	----

CLINICAL CASE

RARE LOCALIZATION OF LYMPHANGIOMAS IN THE PHARYNGEAL RING, A CLINICAL CASE OF UNILATERAL LESION OF THE PALATINE TONSIL <i>Krivopalov A.A., Korkmazov M.Yu., Aleksanyan Yu.S., Aslambekova A.A.</i>	28
---	----

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

METHOD FOR CALCULATING THE RELIABILITY OF COMPLEX SYSTEMS USING MARKOV GRAPH TOPOLOGY AND FAULT TREE <i>Morozov V.B., Morozova M.A.</i>	34
---	----

METHODOLOGY FOR UNIFYING INPUT PARAMETERS FOR TYPICAL AUTOMATION TASKS <i>Leleykin S.S.</i>	40
---	----

METHOD FOR DETERMINING PRIME NUMBERS BASED ON THE SYMMETRY OF CYCLIC SEQUENCES <i>Prikhodko A.A.</i>	45
--	----

СТАТЬИ

УДК 599.323.41:639.1.055.36

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА КАРАТАЛ-ЖАПЫРЫК**¹Карипова Н.Т., ²Калдыбаев Б.К.¹Кыргызский национальный университет имени Ж. Баласагына,
Бишкек, e-mail: naky75@mail.ru;²Иссык-Кульский государственный университет имени К. Тыныстанова,
Каракол, e-mail: kaldybaev.b@iksu.kg

Каратал-Жапырыкский государственный природный заповедник был создан для сохранения уникальных природных комплексов и биоразнообразия Внутреннего Тянь-Шаня. Территория заповедника охватывает различные экосистемы и служит местом обитания многочисленных видов животных. Целью исследования является изучение морфометрических характеристик мелких грызунов, обитающих в заповеднике. Для этого были отловлены несколько видов мышевидных грызунов, среди которых серый хомячок, лесная мышь, домовая мышь, восточная слепушонка и узкочерепная полевка. Проведен анализ морфометрических показателей, включая массу тела, длину тела и индексы внутренних органов. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием стандартных методов, включая расчет средней арифметической величины, среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации. Результаты показали значительные различия морфометрических характеристик между популяциями отдельных видов, обусловленные высотными, климатическими и экологическими факторами. Например, серый хомячок из Каратал-Жапырыкского заповедника имел более высокие показатели массы тела и внутренних органов по сравнению с популяцией из других регионов. Лесная мышь и домовая мышь также демонстрировали различия в массе тела и длине кишечника. Восточная слепушонка и узкочерепная полевка показали вариативность морфометрических признаков, зависящую от высоты обитания. Анализ морфометрических параметров дал возможность определить адаптивные признаки грызунов, сформировавшиеся в условиях высокогорной среды. Результаты исследования представляют ценность для последующего изучения экологических, физиологических механизмов и процессов адаптации этих видов к специфике их местообитаний. Полученные выводы могут быть использованы в качестве основы для углубленного анализа взаимодействия организмов с экстремальными условиями высокогорья.

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

**MORPHOMETRIC FEATURES OF MURINE RODENTS
IN THE KARATAL-ZHAPYRYK STATE NATURE RESERVE**¹Karipova N.T., ²Kaldybaev B.K.¹Kyrgyz National University named after Zh. Balasagyn, Bishkek, e-mail: naky75@mail.ru;²Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov, Karakol, e-mail: kaldybaev.b@iksu.kg

The Karatal-Zhapyryk State Nature Reserve was established to preserve the unique natural complexes and biodiversity of the Inner Tien Shan. The reserve's territory encompasses various ecosystems and serves as a habitat for numerous animal species. The aim of this study is to examine the morphometric characteristics of small rodents inhabiting the reserve. For this purpose, several species of murine rodents were captured, including *Cricetulus migratorius* Pallas, *Apodemus sylvaticus* Linnaeus, *Mus musculus* Linnaeus, *Ellobius tancrei* Blasius, *Microtus gregalis* Pallas. An analysis of morphometric parameters was conducted, including body mass, body length, and internal organ indices. Statistical data processing was carried out using standard methods, including the calculation of arithmetic mean, standard deviation, and coefficient of variation. The results revealed significant differences in the morphometric characteristics between populations of individual species, influenced by altitude, climatic, and ecological factors. For example, the *Cricetulus migratorius* Pallas from the Karatal-Zhapyryk Reserve exhibited higher body mass and internal organ indices compared to populations from other regions. The *Apodemus sylvaticus* Linnaeus and *Mus musculus* Linnaeus also demonstrated differences in body mass and intestinal length. The *Ellobius tancrei* Blasius and *Microtus gregalis* Pallas showed variability in morphometric traits depending on their habitat elevation. Analysis of morphometric parameters made it possible to determine the adaptive features of rodents that formed in high-mountain environments. The results of the study are valuable for subsequent study of the ecological, physiological mechanisms and processes of adaptation of these species to the specifics of their habitats. The findings can be used as a basis for an in-depth analysis of the interaction of organisms with extreme high-mountain conditions.

Keywords: morphometric features, variation coefficient, interior features, mouse-like rodents, Karatal-Zhapyryk Nature Reserve

Введение

Каратал-Жапырыкский государственный природный заповедник создан в 1994 г. с целью сохранения уникальных природных комплексов, редких и исчезающих ви-

дов животных и растений, а также сохранения биоразнообразия и общего экологического баланса Внутреннего Тянь-Шаня. Заповедник Каратал-Жапырык расположен в центральной части Внутреннего Тянь-

Шаня на территории Нарынского района Кыргызстана. Государственный природный заповедник Каратал-Жапырык представлен крупными пресноводными озерами высокогорных экосистем Внутреннего Тянь-Шаня. В заповеднике обитают 36 видов млекопитающих, 136 видов птиц, 7 видов рыб, 1 вид земноводного и 3 вида пресмыкающихся [1].

В условиях Тянь-Шаня изолированные популяции под влиянием различных внешних факторов среды в процессе развития приобрели совершенно различные механизмы адаптации, в результате чего существенно изменились морфофизиологические признаки. В итоге изолированные популяции получили и своеобразную эволюционную направленность. В условиях изоляции каждая горная котловина и долина характеризуются конкретными экологическими условиями, что определяет специфику адаптивных реакций, обитающих в них популяций и микропопуляций [2].

Обитатели высокогорья 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. Адаптация животных-аборигенов к условиям высокогорья связана с их выносливостью, выживаемостью, динамикой численности, а также с размерами и весом тела, скоростью роста и т.д. [3].

Исследование адаптационных механизмов, которые развиваются у отдельных групп животных в горных экосистемах, представляет значительный научный интерес. Анализ факторов, влияющих на изменчивость видов, играет ключевую роль при внедрении новых животных в данные условия, отборе генетического материала для разведения, а также при разработке мер, направленных на оптимизацию использования ресурсов и увеличение биологической продуктивности горных видов. Эти аспекты имеют особое значение для деятельности заповедников и охраны биоразнообразия.

Основной целью работы является исследование морфометрических характеристик мелких грызунов, обитающих на территории государственного природного заповедника «Каратал-Жапырык».

Задачи исследования:

1. Определить морфометрические показатели у изучаемых видов мелких грызунов.
2. Провести сравнительную оценку морфометрических параметров между различными группами исследуемых животных.

3. Проанализировать полученные данные для выявления особенностей, характерных для различных популяций грызунов в условиях заповедника.

Материалы и методы исследования

Для исследования были отловлены следующие виды мышевидных грызунов: Серый хомячок – *Cricetulus migratorius* Pallas, 1773; Лесная мышь – *Apodemus sylvaticus* Linnaeus 1758; Домовая мышь – *Mus musculus* Linnaeus, 1758.; Восточная слепушонка – *Ellobius talpinus tancrei* Blasius (1884); Узкочерепная полевка – *Microtus gregalis* Pallas, 1779; Серебристая полевка или горная полевка – *Alticola argentatus* Severtzov, 1773. Отлов животных осуществлялся в весенне-летний период в буферной зоне заповедника. Отбор животных проводился по их морфологическим внешним признакам, типичным для половозрелых особей. Для морфометрических исследований авторы использовали метод морфофизиологических индикаторов [4]. Математические расчеты производились по программам Microsoft Excel и NCSS, где находили среднюю арифметическую величину (M), среднюю арифметическую ошибку (m), среднее квадратическое отклонение (σ) и коэффициент вариации (C_v). Критерий достоверности (t) и величина вероятности (P) определялись по таблице Стьюдента и Фишера.

Результаты исследования и их обсуждение

Серый хомячок – *Cricetulus migratorius* Pallas, 1773, широко распространен на территории Кыргызстана, населяет различные сообщества. Этот вид ведет преимущественно ночной образ жизни, но его активность наблюдается и в дневное время. Обитает в каменистых россыпях, на глинистых берегах рек и в скалах гор, в полынных степях, в арчовниках и в постройках человека. Питается как растительной, так и животной пищей, делая запасы на зиму. В естественных условиях серый хомячок дает не менее трех приплодов, в человеческих постройках размножается круглый год [5].

Для морфометрического анализа было отловлено 20 особей серого хомячка, обитающих на территории заповедника «Каратал-Жапырык». Для анализа морфометрических характеристик были проведены измерения массы и длины тела, а также изучены экстерьерные и интерьерные признаки. Дополнительно определялись индексы внутренних органов. Полученные данные были сопоставлены с аналогичными показателями других популяций серого хомячка, обитающих в различных регионах Кыргызстана.

Таблица 1

Морфометрические показатели серых хомячков разных популяций

№ п/п	Показатели	Караталжапырыкская популяция		Сравниваемая популяция (Сарыкамыш)		Значение t-критерия Стьюдента	Достоверность/недостоверность различий
		n	M±m	n	M±m		
1	Масса тела, г	20	56,925±0,71	20	37,45±1,258	13,48	различия достоверны
2	Масса сердца (мг)	20	321,4±3,50	20	276,8±11,45	3,73	различия достоверны
3	Индекс сердца (‰)	20	5,64±0,45	20	7,49±0,33	3,32	различия достоверны
4	Масса печени (мг)	20	2575±53,09	20	2345±137	1,57	различия достоверны
5	Индекс печени (‰)	20	45,2±0,69	20	62,53±3,15	5,37	различия достоверны
6	Масса почек (мг)	20	351,3±2,82	20	433,8±18,45	4,42	различия достоверны
7	Индекс почек (‰)	20	2,65±0,02	20	11,61±0,38	23,55	различия достоверны
8	Масса легких (мг)	20	534,3±4,92	20	453,7±24,64	3,21	различия достоверны
9	Индекс легких (‰)	20	9,39±0,47	20	12,11±0,53	3,84	различия достоверны
10	Длина тела (см)	20	13,56±0,58	20	15,58±5,18	0,39	различия не достоверны
11	Длина кишечника (см)	20	75±0,41	20	68,95±1,13	5,03	различия достоверны

Источник: составлено автором.

Масса тела серых хомячков караталжапырыкской популяции составила 56,93±0,71 г, масса сердца – 321,4±3,50 мг, индекс сердца – 5,64±0,45 ‰, масса печени – 2575±53,1 мг, индекс печени – 45,2±0,69 ‰, масса почек – 351,3±2,82 мг, индекс почек – 2,65±0,02 ‰, масса легких – 534,3±4,92 мг, индекс легких – 9,39±0,47 ‰, длина тела – 13,56±0,58 см, длина кишечника 75±0,41 см.

Результаты морфометрических данных караталжапырыкской популяции и их сравнение с другими популяциями серых хомячков были проанализированы. Серые хомячки сарыкамышской популяции ранее изучались сотрудниками кафедры общей биологии, экологии и лабораторного дела Кыргызского национального университета им. Ж. Баласагына (табл. 1).

Согласно полученным результатам, средняя масса тела у караталжапырыкской популяции серых хомячков (3300 м над ур. м.) составила 56,93±0,71, в то время как у сарыкамышской популяции (800–900 м над ур. м.) – 37,45±1,26. Значение t-критерия, 13,48, подтверждает статистически значимые различия между популяциями. По литературным данным известно, что с увеличением высоты местности, где поселяется этот грызун, повышается абсолютная масса тела и печени. По массе и индексу сердца также наблюдаются достоверные различия между сравниваемыми популяциями: при $p < 0,01$ караталжапырыкская популяция имела более низкие

значения по этим параметрам (караталжапырыкская – 212,9±4,5, а сарыкамышская – 276,8±11,45). Такие признаки, как масса, индекс почек и легких, также имели достоверные различия между популяциями.

Анализ статистических данных показал, что значительные различия между караталжапырыкской и сарыкамышской популяциями наблюдались по большинству морфометрических показателей, включая массу тела, массы и индексы внутренних органов, а также длину кишечника. Однако в некоторых случаях, таких как масса печени и длина тела, различия не являлись достоверными. Это может свидетельствовать о схожести популяций в этих характеристиках или об отсутствии существенных экологических или физиологических факторов, влияющих на их развитие.

Лесная мышь – *Apodemus sylvaticus* Linnaeus 1758. Лесная мышь широко распространена в Кыргызстане: от равнинных степей Чуйской и Таласской долин, приферганских районов до высокогорных сыртов, кроме открытых степей и полупустынь. Обитает на высоте 600–3700 м над ур. м. Характер местообитаний довольно разнообразный, причем в различное время года зверьки могут приедерживаться определенных стадий [5, 6].

Для морфометрического анализа было отловлено 13 особей лесной мыши, обитающих на территории заповедника Каратал-Жапырык. Для анализа морфометрических

характеристик были проведены измерения массы и длины тела, а также изучены экстерьерные и интерьерные признаки. Дополнительно определялись индексы внутренних органов. Полученные данные были сопоставлены с аналогичными показателями других популяций лесной мыши, обитающих в различных регионах Кыргызстана [7].

Исследование морфометрических особенностей лесной мыши, обитающей в районе Каратал-Жапырык, выявило следующие характеристики:

длина тела – $5,55 \pm 0,035$ см,
длина головы – $2,56 \pm 0,045$ см,
длина уха – $1,31 \pm 0,028$ см,
длина кишечника – $43,20 \pm 0,322$ см,
длина хвоста – $6,669 \pm 0,041$ см,
длина передней лапы – $2,385 \pm 0,039$ см,
длина задней лапы – $4,215 \pm 0,071$ см,
длина передней ступни – $0,969 \pm 0,022$ см,
длина задней ступни – $1,838 \pm 0,028$ см,
масса тела – $16,862 \pm 0,368$ г,
масса надпочечников – $4,762 \pm 0,074$ мг,
масса сердца – $114,85 \pm 0,70$ мг,
индекс сердца – $16,85 \pm 0,016$ ‰,
масса печени – $722,46 \pm 3,879$ мг,
индекс печени – $42,85 \pm 0,09$ ‰,
масса почек – $206,846 \pm 3,391$ мг,
индекс почек – $1,2 \pm 0,025$ ‰,
масса легких – $196,69 \pm 1,361$ мг,
индекс легких – $1,17 \pm 0,029$ ‰.

Результаты морфометрических данных караталжапырыкской популяции и их сравнение с другими популяциями серых хомячков были проанализированы (табл. 2).

Сравнительный анализ морфофизиологических параметров *Apodemus sylvaticus* сарычелекской популяции и караталжапырыкской популяции показал, что по массе тела сарычелекская популяция ($23,7 \pm 0,8$) и караталжапырыкская популяция ($16,8 \pm 0,36$)

имели достоверные отличия при $t = 7,77$, а также существенные отличия наблюдались по длине тела у сравниваемых популяций при $t = 34,0$. По интерьерным признакам также наблюдались существенные отличия в анализируемых популяциях. По индексу печени и кишечника изученные популяции достоверно отличались при $t = 9,07$ и $t = 16,55$ соответственно, а по индексу сердца наблюдалось существенное различие: у караталжапырыкской популяции составило $16,85 \pm 0,016$, а у сарычелекской $13,3 \pm 0,1$. Согласно литературным данным по морфометрическим показателям арпинская (2750 – 3100 м над ур. м.) популяция лесной мыши, обитающая в высокогорных районах, имеет небольшие размеры и массу тела, в связи с гипоксией у лесной мыши индекс сердца повышен [8–10].

Домовая мышь – *Mus musculus* Linnaeus, 1758. Домовая мышь является широко распространенным видом в Кыргызстане, встречающимся практически повсеместно. Домовые мыши в естественной обстановке обитают в лесокустарниковых зарослях, в тугаях, в орехоплодовых лесах, заболоченных местах, злаково-бобовых культурах. Более активны ночью, чем днем. Питаются семенами, плодами, корневищами и корнеплодами. Домовые мыши в благоприятных условиях размножаются круглогодично [5].

Для изучения морфометрических показателей были изучены особи домовых мышей (20 экземпляров) из популяции, обитающей в заповеднике Каратал-Жапырык. Для каждой особи были проведены измерения массы тела, длины тела, а также других морфометрических параметров. Дополнительно определялись масса и индексы внутренних органов, включая сердце, печень, кишечник, селезенку и почки.

Таблица 2

Морфометрические показатели лесных мышей разных популяций

№ п/п	Показатели	Караталжапырыкская популяция		Сравниваемая популяция (Сарычелек)		Значение t-критерия Стьюдента	Достоверность/недостоверность различий
		n	$M \pm m$	n	$M \pm m$		
1	Масса тела, г	13	$16,86 \pm 0,368$	52	$23,7 \pm 0,8$	7,77	различия достоверны
2	Масса сердца (мг)	13	$114,85 \pm 0,7$	15	$316 \pm 11,45$	17,54	различия достоверны
3	Индекс сердца (‰)	13	$16,85 \pm 0,016$	15	$13,3 \pm 0,1$	63,69	различия достоверны
4	Масса печени (мг)	13	$722,46 \pm 3,879$	15	$752 \pm 1,37$	7,18	различия достоверны
5	Индекс печени (‰)	13	$42,85 \pm 0,09$	15	$31,7 \pm 3,02$	9,07	различия достоверны
10	Длина тела (см)	13	$5,55 \pm 0,03$	52	$9,1 \pm 0,1$	34,00	различия достоверны
11	Длина кишечника (см)	13	$43,2 \pm 0,322$	15	$34,7 \pm 0,4$	16,55	различия достоверны

Источник: составлено автором.

Таблица 3

Морфометрические показатели домовых мышей разных популяций

№ п/п	Показатели	Каратал-жапырыкская популяция		Сравниваемая популяция (ур. Шамши)		Значение t-критерия Стьюдента	Достоверность/недостоверность различий
		n	M±m	n	M±m		
1	Масса тела, г	20	11,48±0,35	16	9,37±0,48	3,55	различия достоверны
2	Масса сердца (мг)	20	90,25±2,03	16	67±3,01	6,40	различия достоверны
3	Индекс сердца (‰)	20	7,8±1,0	16	7,2±0,23	15,40	различия достоверны
4	Масса печени (мг)	20	691,1±4,32	16	547,56±42,01	3,40	различия достоверны
5	Индекс печени (‰)	20	60,2±3,0	16	57,7±1,9	7,41	различия достоверны
6	Масса почек (мг)	20	179,35±2,8	16	146,94±10,76	2,92	различия достоверны
7	Индекс почек (‰)	20	15,6±2,0	16	15,6±0,4	0,1	различия недостоверны
8	Масса легких (мг)	20	171,45±1,52	16	104,06±7,99	8,29	различия достоверны
9	Индекс легких (‰)	20	14,9±0,1	16	1,1±0,03	9,58	различия достоверны
10	Длина тела (см)	20	7±0,18	16	6,2±0,14	3,51	различия достоверны

Источник: составлено автором.

Полученные данные были подвергнуты сравнительному анализу с аналогичными показателями популяций домовых мышей из других регионов Кыргызстана. Также были рассчитаны коэффициенты вариации для изученных морфологических признаков, что позволило оценить степень их изменчивости.

Длина тела изученных домовых мышей караталжапырыкской популяции составила 7,01±0,18 см, масса тела – 11,48±0,35 г, масса сердца – 90,25±2,03 мг, индекс сердца – 7,8±1,0 ‰, масса печени – 691,1±4,32 мг, индекс печени – 60,2±3,0 ‰, масса почек – 179,35±2,8 мг, индекс почек – 15,6±2,0 ‰, масса легких – 171,45±1,52 мг, индекс легких – 14,9±0,1 ‰.

Проведен анализ морфометрических параметров популяции Каратал-Жапырык, а также выполнено их сравнение с данными других популяций домовых мышей. Ранее исследования домовых мышей Шамшинской популяции, обитающих на высоте 1276 м над ур. м., были проведены сотрудниками кафедры общей биологии, экологии и лабораторного дела Кыргызского национального университета им. Ж. Баласагына (табл. 3).

А.Т. Токтосуновым [2, 3] показано, что при сравнении морфологических показателей домовых мышей имеются существенные различия между горными и равнинными популяциями. В условиях высокогорья эти показатели закономерно изменяются: с нарастанием высоты увеличиваются размеры тела животных. Средние размеры тела и печени горных домовых мышей больше, чем равнинных, за исклю-

чением длины тела, все рассматриваемые показатели больше на достоверную величину ($t > 3$). На различных высотах мыши ощущают действие компонентов внешней среды и, соответственно, приспосабливаются к суровым условиям гор, накапливая довольно большое количество гликогена.

Полученные результаты демонстрировали различия между популяциями по всем морфометрическим показателям. Караталжапырыкская популяция домовых мышей (3016 м. над ур. м.) имела более высокие показатели, чем сравниваемая популяция. По массе тела межпопуляционные различия являются достоверными ($t = 3,55$), по массе и индексу сердца караталжапырыкская популяция имела достаточно высокие показатели ($p < 0,01$), что согласуется с литературными источниками, в которых в результате исследований было выявлено, что у горных популяций домовых мышей относительный вес сердца в среднем превышает соответствующий показатель равнинных популяций того же вида в среднем на 53 %. [3]. По массе и индексу печени различия между популяциями также значимы при $t = 3,4$ и $t = 7,41$ соответственно, где масса и индекс печени у караталжапырыкской популяции выше. Также между такими показателями, как масса почек, легких и длина тела, наблюдались значимые различия ($p < 0,01$).

Восточная слепушонка – *Ellobius talpinus tancrei* Blasius (1884). Восточная слепушонка обитает в различных биотопах: в полынно-злаковых сухих степях по долинам и поймам рек, по предгорьям, лугостепям, в субальпийских лугах и в некоторых местах альпийских лугов. Ведет скрытый

подземный образ жизни. Питается подземными и надземными частями растений: корневищами, клубнями, луковицами, поедая их под землей. Сведения о размножении восточной слепушонки носят фрагментарный характер. Размножается несколько раз в год [5, 11].

Длина тела восточной слепушонки караталжапырыкской популяции составила $10,35 \pm 0,43$ см, длина кишечника – $62,4 \pm 2,01$ см, масса тела – $44,1 \pm 2,39$ г, масса сердца – $229,1 \pm 7,75$ мг, индекс сердца – $5 \pm 0,4$ ‰, масса печени – $2581,54 \pm 74,68$ мг, индекс печени – $59,9 \pm 3,2$ ‰, масса почек – $421,2 \pm 18,61$ мг, индекс почек – $10 \pm 0,2$ ‰, масса легких – $516,1 \pm 15,7$ мг, индекс легких – $10 \pm 0,4$ ‰.

Результаты морфометрических исследований караталжапырыкской популяции восточной слепушонки, а также их сравнение с другими популяциями этого вида приведены в табл. 4. Морфометрические показатели слепушонок кыргызатинской популяции были изучены ранее Н. Кочконбаевой [12].

Согласно полученным данным, достоверно отличаются слепушонки караталжапырыкской популяции (3300 м над ур. м.) от кыргызатинских популяций (2400 м над ур. м.) по массе тела, сердца, печени и легких, причем высокие показатели демонстрируются для караталжапырыкской популяции. Литературные данные показывают,

что степень изменения основных показателей морфологических признаков неодинакова у слепушонок, обитающих на разных высотах. При сравнении низинных и горных популяций, было обнаружено, что особи низинных популяций меньше горных по весу и длине тела. Значительные различия по интерьерным признакам наблюдаются по массе печени и легких, для караталжапырыкской популяции $2581,54 \pm 74,68$ и $516,1 \pm 15,7$ мг, для кыргызатинской популяции – $1753,3 \pm 119,6$ и $355,83 \pm 22,91$ мг соответственно. Межпопуляционные различия составляют $t = 5,771$ для печени и $t = 1,061$ для легких. Согласно литературным источникам, в отличие от других мелких млекопитающих слепушонка имеет иные приспособительные механизмы, регулирующие ее жизнедеятельность [3]. Относительный вес печени изменяется в зависимости от возраста и сезона слепушонок, особи высокогорных популяций рождаются с очень крупной печенью и половозрелости достигают раньше, чем другие популяции. Высокий показатель массы и индекса легких может указывать на более высокую потребность в кислороде в высокогорных условиях, в которых обитают слепушонки. Результаты исследования не подтвердили наличия статистически значимых различий в длине тела между представителями двух популяций слепушонок.

Таблица 4

Морфометрические показатели восточных слепушонок разных популяций

№ п/п	Показатели	Караталжапырыкская популяция		Сравниваемая популяция (Кыргызата)		Значение t-критерия Стьюдента	Достоверность/недостоверность различий
		<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>m</i>	<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>m</i>		
1	Масса тела, г	13	$44,1 \pm 2,39$	12	$37,25 \pm 1,09$	2,61	различия достоверны
2	Масса сердца (мг)	13	$229,1 \pm 7,75$	12	$199,58 \pm 7,34$	2,77	различия достоверны
3	Индекс сердца (‰)	13	$5 \pm 0,4$	12	$5,38 \pm 0,19$	0,86	различия не достоверны
4	Масса печени (мг)	13	$2581,54 \pm 74,68$	12	$1753,3 \pm 119,6$	5,87	различия достоверны
5	Индекс печени (‰)	13	$59,9 \pm 3,2$	12	$46,72 \pm 2,22$	3,38	различия достоверны
6	Масса почек (мг)	13	$421,2 \pm 18,61$	12	$452,5 \pm 47,13$	0,62	различия не достоверны
7	Индекс почек (‰)	13	$10 \pm 0,2$	12	$10,19 \pm 0,98$	0,19	различия не достоверны
8	Масса легких (мг)	13	$516,1 \pm 15,7$	12	$355,83 \pm 22,91$	5,77	различия достоверны
9	Индекс легких (‰)	13	$10 \pm 0,4$	12	$9,61 \pm 0,62$	0,53	различия не достоверны
10	Длина тела (см)	13	$10,35 \pm 0,43$	12	$10,83 \pm 0,14$	1,06	различия не достоверны

Источник: составлено автором.

Таблица 5

Морфометрические показатели узкочерепной полевки разных популяций

№ п/п	Показатели	Каратал-жапырыкская популяция		Сравниваемая популяция (Суусамыр)		Значение t-критерия Стьюдента	Достоверность/недостоверность различий
		n	M±m	n	M±m		
1	Масса тела, г	15	23,18±0,86	15	15,03±1,023	6,10	различия достоверны
2	Масса сердца (мг)	15	132±0,78	15	109,27±7,74	2,92	различия достоверны
3	Индекс сердца (‰)	15	6,69±0,1	15	7,36±0,33	1,94	различия достоверны
4	Масса печени (мг)	15	1005,4±4,36	15	739,4±75,87	3,50	различия достоверны
5	Индекс печени (‰)	15	52,6±1,8	15	48,12±1,8	1,76	различия достоверны
6	Масса почек (мг)	15	177,93±1,19	15	229±26,82	1,90	различия достоверны
7	Индекс почек (‰)	15	7,2±0,22	15	15,82±2,34	3,67	различия достоверны
8	Масса легких (мг)	15	248,07±3,6	15	211,93±16,1	2,19	различия достоверны
9	Индекс легких (‰)	15	9,95±0,24	15	14,2±0,75	5,40	различия достоверны

Источник: составлено автором.

Установлены достоверные различия в морфометрических характеристиках (масса тела, масса сердца, печени, легких и их индексы) между популяциями восточных слепушенок, обитающими в заповеднике Каратал-Жапырык и природном парке Кыргыз-Ата. Данные различия, вероятно, связаны с адаптацией к различным экологическим условиям, особенностями физиологической адаптации или генетической дифференциацией между популяциями. Однако для массы и индекса почек и длины тела статистически значимых различий не установлено, что может свидетельствовать о функциональной схожести этих органов между популяциями.

Узкочерепная полевка – *Microtus gregalis* Pallas, 1779. Встречается от луговых степей до альпийских лугов. Обитает в различных биотопах, таких как долины рек, заболоченные территории, кустарниковые зоны в горных ущельях и типчаковые степи. Питание преимущественно состоит из вегетативных частей растений. Размножается несколько раз за лето [5].

Для изучения морфометрических параметров узкочерепных полевков проведены измерения массы и длины внешних и внутренних органов, вычислены их индексы, а также проведено сравнение с аналогичными данными, полученными для других популяций Кыргызстана.

Масса тела узкочерепных полевков караталжапырыкской популяции составила 23,18±0,86 г, масса сердца – 132±0,79 мг, индекс сердца – 6,69±0,1 ‰, масса печени – 1005,47±4,36 мг, индекс печени – 52,6±1,8 ‰, масса почек – 177,93±1,19 мг, индекс почек –

7,2±0,22 ‰, масса легких – 248,07±3,6 мг, индекс легких – 9,95±0,24 ‰.

Результаты морфометрических показателей караталжапырыкской популяции и их сравнение с другими популяциями восточной слепушонки были проанализированы (табл. 5).

Анализ морфометрических данных полученных результатов показывает, что узкочерепные полевки караталжапырыкской популяции отличаются от сравниваемой популяции высокими показателями по ряду признаков, таких как масса тела, сердца, печени и легких. Многими авторами ранее было выявлено, что с подъемом в высокогорье у грызунов увеличиваются размеры и массы важных интерьерных органов [2, 4, 13]. Масса тела особей караталжапырыкской популяции (3016 м над ур. м.) существенно выше, чем у суусамырской (2200 м над. ур. м.) популяции при t = 6,1. Разница в массе сердца между популяциями также является статистически значимой при t = 2,922 (p < 0,01). Масса сердца полевков караталжапырыкской популяции выше 132±0,78, чем у суусамырской 109,27±7,74. Согласно литературным данным, у узкочерепных полевков, обитающих в холодных высокогорных районах, с увеличением массы тела до 34 г растет и индекс сердца, такое явление автор связывает с двигательной активностью особей этих популяций [3].

По остальным показателям, таким как масса и индекс легких, масса печени, также имеются достоверные отличия при p < 0,01. Относительная масса печени у разных популяций этого вида в зависимости от условий существования изменяется по-

разному. Так, у сонкольских узкочерепных полевок при рождении сравнительно небольшая печень, с увеличением массы тела до 23–29 г растет и печень, но до определенного возраста, а затем постепенно снижается. Арпинские особи, наоборот, рождаются со сравнительно крупной печенью, до определенного возраста масса ее несколько уменьшается, а затем увеличивается. Эту особенность автор связывает с внутривидовой популяционной дифференциацией и адаптацией к конкретным условиям среды узкочерепных полевок. Автор также отмечает, что крупная печень у полевок арпинской популяции в сравнении с сонкольской популяцией объясняется главным образом низкой летней температурой, вынуждающей полевку находиться в норах, и этот период совпадает с интенсивным размножением, кормлением детенышей, для которого требуется большое количество питательных веществ, поэтому у них дополнительные энергетические запасы депонируются в печени в виде гликогена и витамина А [4]. В проведенных исследованиях масса печени у полевок караталжапырыкской популяции значительно выше ($1005,4 \pm 4,36$), чем у суусамырской популяции ($739,4 \pm 75,87$), что и подтверждается литературными данными. Массами почек сравниваемые популяции не отличаются и статистическое различие не подтверждается. Возможно, экологические факторы, влияющие на структуру и работу почек, не столь выражены, как для других органов, таких как сердце или печень.

Заключение

Проведенные исследования морфометрических характеристик представителей различных видов мышевидных грызунов заповедника «Каратал-Жапырык» выявили заметные отличия по сравнению с популяциями, обитающими в других природно-географических регионах. Установленные различия, вероятно, обусловлены либо специфическими климатогеографическими условиями, либо особенностями обменных процессов. Статистический анализ показал, что по большинству морфометрических параметров, включая массу тела, массы и индексы внутренних органов, а также длину кишечника, различия между караталжапырыкской и сарыкамышской популяциями оказались статистически значимыми. Однако в некоторых случаях, таких как масса

печени и длина тела, различия не являлись достоверными. Это может свидетельствовать о схожести популяций в этих характеристиках или об отсутствии существенных экологических или физиологических факторов, влияющих на их развитие.

Список литературы

1. Карипова Н.Т., Калдыбаев Б.К., Рыскулова Г.К., Чороев Б.К. Вопросы сохранения биоразнообразия Каратал-Жапырыкского государственного природного заповедника // Вестник Иссык-Кульского университета им. К. Тыныстанов. 2021. № 5. С. 5–9. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50203775> (дата обращения: 21.02.2025).
2. Токтосунов А.Т. Экологические основы высотной адаптации и позвоночных Тянь-Шаня / Под. ред. А.Д. Слонима. Л.: Наука, 1984. 194 с.
3. Токтосунов А.Т. Морфофизиологическая дифференциация амфибий и млекопитающих в условиях Тянь-Шаня: автореф. дис... докт. биол. наук. Свердловск, 1973. 34 с.
4. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. 386 с.
5. Янушевич А.И. и др. Млекопитающие Киргизии. Фрунзе: Илим, 1972. 464 с.
6. Эралиева Н.М., Карипова Н.Т. Сравнительная характеристика кариотипов двух популяций лесной мыши *Apodemus sylvaticus* L., 1758 // Alatau academic studies. 2020. № 4. С. 315–321. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44744132>. (дата обращения: 21.02.2025).
7. 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. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75109094> (дата обращения: 21.02.2025). DOI: 10.33514/BK-1694-7711-2024-2(1)-231-235.
8. Эралиева Н.М., Худайбергенова Б.М. Морфофизиологические особенности некоторых грызунов заповедника «Сары-Челек» // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 6. С. 29–32. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36423543> (дата обращения: 21.02.2025). DOI: 10.26104/NNTIK.
9. Эралиева Н.М. Морфофизиологическое своеобразие некоторых пойкилотермных животных государственного биосферного заповедника Сары-Челек // Новый университет. Серия «Вопросы естественных наук». 2016. № 1, 2. С. 41–45. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26536836> (дата обращения: 21.02.2025).
10. Эралиева Н.М. Эколого-генетические особенности позвоночных животных, обитающих в бассейне озера Сары-Челек: автореф. дис... канд. биол. наук. Бишкек, 2021. 25 с.
11. Кадастр генетического фонда Кыргызстана. Т. 4. Тип Chordata – Хордовые. Б., 2015. С. 26–27.
12. Кочконбаева Н.А. Экологическая цитогенетика позвоночных животных национального государственного природного парка Кыргыз-Ата: автореф. дис... канд. биол. наук. Бишкек, 2015. 22 с.
13. 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.

УДК 581.9:582(575.2)

**ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ РОДА *IRIS* (*IRIDACEAE*)
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
БОТАНИЧЕСКИЙ САД ИМЕНИ Э. ГАРЕЕВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (ГОРОД БИШКЕК)**

Попова И.В.

*Научно-исследовательский институт Ботанический сад имени Э. Гареева
Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек,
e-mail: irinapopova574@mail.ru*

В Ботаническом саду им. Э. Гареева Национальной академии наук Кыргызской Республики на протяжении 70 лет (с 1952 г.) формируется коллекция рода *Iris* L., которая включает в себя 19 видов местной и инорайонной флоры, 264 сорта из 3 подродов: *Iris* L., *Limniris* (Tausch) Spach em. Rodion (Лимнирис), *Xyridion* (Tausch) Spach em. Rodion. (Ксиридион). Поступление видов ирисов инорайонной флоры и сортов проходило из ботанических садов и частных коллекций России, Белорусии, Украины, Молдавии, Туркмении, Казахстана, США и Канады. За последние 30 лет коллекция ирисов пополнилась 100 сортами ириса гибридного и 7 сортами из подродов Лимнирис и Ксиридион. Виды ирисов флоры Кыргызстана привозили из мест естественного произрастания. Географическая распространенность интродуцированных видов ирисов различна, они распространены в большей части северного полушария (Европа, Азия, Северная Америка, Северная Африка), 9 видов из них встречаются в природе Кыргызстана. В собранной коллекции некоторые виды являются эндемиками, субэндемиками, имеют статус объектов охраны и занесены в Красную книгу Российской Федерации. Сортосовый состав ирисов в коллекции представлен большим разнообразием по окраске околоцветника, высоте цветоноса и срокам цветения. Сорта ириса гибридного по окраске околоцветника представляют 5 классов, по высоте цветоноса разделены на 3 группы, 6 подгрупп, по срокам цветения разделены на 4 группы: ранние, среднеранние, средние и поздние. Все интродуцированные ирисы в условиях Бишкека морозостойки, зимуют без укрытия. Собранный интродукционный фонд ирисов в НИИ БС им. Э. Гареева Национальной академии наук Кыргызской Республики играет большую роль в сохранении биоразнообразия, служит базой для проведения научно-исследовательских, селекционных работ и озеленения.

Ключевые слова: род *Iris*, подрод, коллекция, формирование, интродукция, вид, сорт, флора Кыргызстана, ботанический сад им. Э. Гареева Национальной академии наук Кыргызской Республики

**FORMATION OF THE GENUS *IRIS* COLLECTION
IN RESEARCH INSTITUTE OF THE GAREEV
BOTANICAL GARDEN OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF THE KYRGYZ REPUBLIC (BISHKEK)**

Popova I.V.

*Scientific Research Institute Gareev Botanical Garden
of the National Academy of Science of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, e-mail: irinapopova574@mail.ru*

A collection of the genus *Iris* L. has been formed in the Gareev Botanical Garden of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic for 70 years (since 1952). The modern collection of the genus *Iris* includes 19 species of local and foreign flora, 264 cultivars of third subgenus: *Iris* L., *Limniris* (Tausch) Spach em. Rodion (Лимнирис), *Xyridion* (Tausch) Spach em. Rodion. (Ксиридион). The receipt of *Iris* species and varieties of foreign flora took place from botanical gardens and private collections in Russia, Belarus, Ukraine, Moldova, Turkmenistan, Kazakhstan, the USA, and Canada. Over the past 30 years, the iris collection has been expanded by 100 varieties *iris* hybrida hort., seven varieties from the subgenus *Limniris* and *Xyridion*. *Iris* species of the flora of Kyrgyzstan were brought from their natural habitats. The geographical distribution of introduced species of irises varies; they are common in most of the northern hemisphere: Europe, Asia, North America, North Africa. Six species of them are found in the nature of Kyrgyzstan. In the collected collection, some species are endemic, subendemic, have the status of protected objects and are listed in the Red Books of the Russian Federation. The varietal composition of *irises* in the collection is represented by a wide variety of perianth color, peduncle height and flowering time. *Iris* hybrida hort. varieties are represented by 5 classes of perianth color, divided into 3 groups and 6 subgroups by peduncle height, and divided into 4 groups by flowering time: early, mid-early, middle and late. All introduced irises are frost-resistant and overwinter without shelter. The collected introduction fund of *irises* in the Research Institute of Gareev Botanical Garden of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic plays a major role in preserving biodiversity, serves as a base for conducting research, selection work and landscaping.

Keywords: genus *Iris*, subgenus, collection, formation, introduction, species, variety, flora of Kyrgyzstan, Gareev Botanical Garden of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

Введение

Ирисы принадлежат к группе наиболее популярных высокодекоративных травянистых многолетников [1]. Род *Iris* L. (семейство *Iridaceae* Juss.) включает около 200 видов, распространенных в Европе, Азии, Северной Африке, Северной Америке, из них 9 видов произрастают и в Кыргызстане [2, с. 24]. Ирисы – культура, характеризующаяся большим спектром морфологических, биологических, генетических и декоративных признаков [3]. Кроме того, существует 80 тыс. сортов ириса гибридного с самой разнообразной окраской и формой цветка [4]. Виды и сорта рода *Iris* обладают декоративными особенностями, позволяющими разнообразить современное городское озеленение, их можно использовать в различных типах цветочного оформления – группы, массивы, и одиночные посадки [5].

Многие виды ирисов помимо применения в декоративных целях, широко используются в народном хозяйстве (медицине, красильной и парфюмерной промышленности). В городах и селах Кыргызской Республики ирисы редко используются в озеленении. Проведение интродукционных работ и изучение биологических свойств ирисов способствует расширению знаний об ассортименте растений для озеленения.

Цель работы – проанализировать созданную коллекцию интродуцированных представителей рода *Iris*: 3 подрода, *Iris*, *Limniris*, *Xyridion*, включающие 19 видов и 264 сорта за период с 1952 по 2024 г.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили виды и сорта семейства *Iridaceae*, рода *Iris*, интродуцированные с 1952 по 2024 г. в БС им. Э. Гареева НАН КР из флоры Кыргызстана, из ботанических садов и частных коллекций ближнего и дальнего зарубежья. Данные по распространению интродуцированных видов взяты из Определителя растений Средней Азии [6, с. 124–132], Кадастра флоры Кыргызстана [2, с. 24].

Результаты исследования и их обсуждение

Ботанический сад им. Э. Гареева НАН КР создан в 1938 г. По своей площади (150 га) это крупнейший ботанический сад в Центральной Азии. Расположен в г. Бишкеке в предгорной зоне Чуйской долины на высоте 860–920 м над уровнем моря. Средняя минимальная ночная температура января составляет -9,6 °С, средняя максимальная дневная температура июля состав-

ляет +31 °С. Влажность воздуха в летний период нередко опускается до 30%. Годовые суммы осадков находятся в пределах 398–431 мм. Все интродуцированные ирисы в условиях Бишкека морозостойки, зимуют без укрытия.

Одной из важных задач Ботанического сада является создание и изучение коллекций интродуцированных растений. На протяжении существования ботанического сада постоянно проводится пополнение коллекции таких многолетних растений, как пионы, гладиолусы, лилейники и др., новыми сортами, их интродукционное сортоизучение и выделение наиболее ценных культиваров, пригодных для внедрения в производство, а также для использования в селекционной работе. Огромное значение уделяется коллекции ирисов. Формирование коллекции ирисов началось в 1952 г. Первыми кураторами коллекции ирисов были научные сотрудники Ю.С. Потоцкая, Л.С. Кривошеева. С 1970 г. коллекцию ирисов курировали И.А. Ассорина и И.П. Бондарцова. С 1985 г. коллекцию ирисов курирует автор статьи И.В. Попова.

За многие годы интродукционных работ Ботаническим садом им. Э. Гареева НАН КР создан коллекционный фонд рода *Iris*, насчитывающий 19 видов и 264 сорта из 3 подродов: *Iris* L. (Ирис), *Limniris* (Tausch) Spach em. Rodion (Лимнирис), *Xyridion* (Tausch) Spach em. Rodion (Ксиридион) [7]. Из подрода *Iris* в коллекцию Ботанического сада интродуцировано 7 видов: *Iris albertii* Regel, *I. aphylla* L., *I. germanica* L., *I. pallida* Lam., *I. pumila* L., *I. variegata* Lam, и *I. bloudovii* Ledeb. и 250 сортов ириса гибридного. Из подрода *Xyridion*, в Ботаническом саду выращивается 6 видов: *I. aurea* Lindl., *I. carthaginiensis* Fomin., *I. halophila* Pall. (*I. sogdiana* Bunge), *I. notha* M. Bieb., *I. ochroleuca* L., *I. monnieri* D.C. и 1 сорт из группы Спурия ирисов «Shelford Giant». Подрод *Limniris* в коллекции представляет 6 видов: *I. pseudacorus* L., *I. sibirica* L. *I. sanguinea* Donn., *I. ruthenica* Ker-Gawl. (*I. brevituba* (Maxim.) Vved. ex Nikitina), *I. loczyi* Kanitz (*I. tianschanica* (Maxim.) Vved. ex Woronow), *I. lactea* Pall. (*I. oxypetala* Bunge), 10 сортов из группы Сибирских ирисов, 1 сорт из группы водолюбивых ирисов, выведенным на основе *I. pseudacorus*, 1 сорт из группы луизианских ирисов и 2 сорта *Pseudata* ирисов. Приоритетное значение в коллекции рода *Iris* всегда имел подрод *Iris*, где сорта ириса гибридного занимали лидирующее положение. За последние 30 лет получено 100 новых для коллекции сортов ириса гибридного. Из них 80 сортов – высокорослые (*Winner's Circle*, *Black Dragon*, *Victoria Falls* и др.), 5 средне-

рослых сортов из группы Интермедия (*Ask Alma*, *Brown Lasso*, *Guru* и др.), 15 миниатюрных карликовых сортов (*Prisoner*, *Finger Priwts*, *Orange Tiger* и др.). Новые сорта характеризуются более яркой цветовой гаммой, размерами, формой и пространственным расположением долей околоцветника. В последние годы привлечены сорта из двух новых для коллекции садовых групп *Pseudata* (*Okagami*, *Shiryukyo*) и луизианские ирисы (*Sea Wisp*). Расширились коллекции сортов сибирских (получены 3 сорта: *Butter and Sugar*, *Ruffled Velvet*, *Sparkling Rose*), водолюбивых (получен сорт *Berlin Tiger*) ирисов.

Интродуцированные виды рода *Iris* имеют довольно широкое распространение

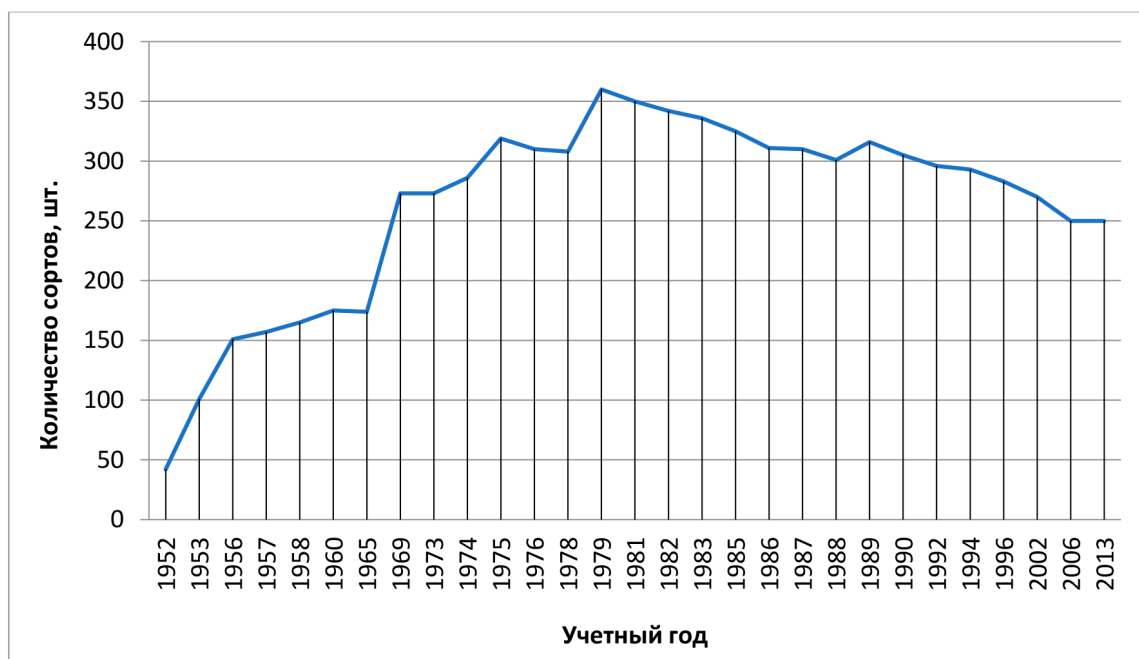
и охватывают большую часть Северного полушария: Европа, Азия, Северная Америка, Северная Африка [8] (табл. 1).

Из них 6 видов: *I. halophila*, *I. ruthenica*, *I. loczyi*, *I. alberti*, *I. lactea*, *I. bludovii* – встречаются еще и во флоре Кыргызстана в горах Тянь-Шаня, Памиро-Алая, Прииссыккулье, в Чуйской и Ферганской долинах [2, с. 24; 8]. При этом *I. alberti* является эндемиком для Средней Азии и субэндемиком для Кыргызстана (встречается и в Казахстане), а *I. notha* и *I. carthaliniae* являются эндемиками для Кавказа [9]. Одновременно 3 вида (*I. notha*, *I. pumila*, *I. aphylla*) имеют статус объектов охраны и занесены в Красную книгу Российской Федерации [10, с. 19].

Таблица 1

Географическое распространение видов ирисов

Вид	Географическое распространение, род/подрод	Распространение в Кыргызстане
	Род Ирис (<i>Iris</i>) / Подрод Ирис (<i>Iris</i>)	
<i>Iris aphylla</i>	Кавказ, Молдавия	–
<i>Iris alberti</i>	Средняя Азия, Казахстан	Кыргызский Ала-Тау, Чаткал, Фергана
<i>Iris bludovi</i>	Сибирь, Средняя Азия, Монголия	Иссык-Кульская область, пойма реки Каркара
<i>Iris germanica</i>	Закарпатье	
<i>Iris pallida</i>	Европа (склоны Альп)	
<i>Iris pumila</i>	Европа, Кавказ, Крым	
<i>Iris variegata</i>	Европа (Молдавия, Украина)	
	Подрод Лимнирис (<i>Limniris</i>)	
<i>Iris hexagona</i>	Северная Америка, полуостров Флорида	
<i>Iris lactea</i>	Сибирь, Казахстан, Монголия, Китай	Джумгалский район, село Кочкорка
<i>Iris loczyi</i>	Тянь-Шань, Памиро-Алай, Китай	Центральный Тянь-Шань, котловина оз. Иссык-Куль, Кыргызский хребет, Алай
<i>Iris pseudacorus</i>	Европа, Кавказ, Сибирь, Сев. Африка, Малая Азия	
<i>Iris ruthenica</i>	Средняя Азия, Сибирь, Монголия	Центральный Тянь-Шань, котловина озера Иссык-Куль, Фергана
<i>Iris sanguinea</i>	Дальний Восток, Япония, Корея, Китай	
<i>Iris sibirica</i>	Европа, Кавказ, Сибирь	
	Подрод Ксиридион (<i>Xyridion</i>)	
<i>Iris aurea</i>	Западные Гималаи, Кашмир	
<i>Iris carthaliniae</i>	Грузия, р. Кура	
<i>Iris halophila</i>	Предкавказье, Западная Сибирь, Средняя Азия, Казахстан	Центральный Тянь-Шань, котловина оз. Иссык-Куль, Чуйская долина, Талас, Чаткал, Фергана, Алай.
<i>Iris notha</i>	Предкавказье (Дагестан)	
<i>Iris monieri</i>	Описан по культурному образцу из садов Версаля (Франция)	
<i>Iris ochroleuca</i>	Малая Азия, Сирия	



Динамика объема коллекции ириса гибридного Ботанического сада им. Э. Гареева Национальной академии наук Кыргызской Республики с 1952 по 2013 г.

Планомерная интродукция дикорастущих видов рода *Iris* в Ботанический сад проводилась с 1966 г. Дикорастущие ирисы природной флоры Кыргызстана привозили из мест естественного произрастания. Ино-районные виды привозились из ботанических садов России, Белоруссии, Молдавии и Туркмении. Первыми, в 1966 г., в коллекцию были интродуцированы из природы Кыргызстана 3 вида: *Iris halophila*, *Iris loczyi*, *Iris ruthenica*, и 1 вид из Ботанического сада г. Омска – *Iris germanica*. В дальнейшем коллекция видовых ирисов пополнялась с интервалом между поступлениями от 1 до 9 лет. Виды коллекции по-разному адаптировались в условиях Ботанического сада. Большинство видов ежегодно цветут и плодоносят, и только три вида, *I. bloudovii*, *I. ruthenica*, *I. loczyi*, недолговечны в культуре и выпадают через несколько лет после посадки.

Коллекция ириса гибридного в Ботаническом саду заложена в 1952 г. из сортов, полученных из ГБС (г. Москва). К настоящему времени в Ботаническом саду НАН КР прошли интродукционное испытание 600 сортов ириса гибридного. Наибольшее количество сортов ириса в результате интродукции отмечено в 1979 г. (360 таксонов), а к 2006 г. из-за выпадения по разным причинам осталось 250 сортов. В последние годы численность сортов практически остается на одном уровне (рисунок).

За все время существования объем коллекции сортов ириса гибридного в целом составлял от 42 до 360 сортов. Поступление сортов ириса гибридного осуществлялось в основном из ботанических садов и учреждений и от частных лиц России, Канады, Белоруссии, реже из Казахстана, Украины, Молдавии, США. Основу коллекции с 1952 по 1985 г. составляли сорта английской, немецкой, французской и американской селекции, что соответствовало ведущей роли этих стран в селекции ириса на тот период. Основу новой современной коллекции с 1985 г. и до настоящего времени составляют сорта американской селекции. В настоящее время собранная коллекция включает в себя 250 сортов, в том числе: 210 сортов американской, 30 европейской, 9 российской и 1 сорт кыргызской селекции. Большую часть коллекции, 70%, составляют сорта в возрасте 20–40 лет, 20% сортов – возрастом старше 40 лет и 10% – моложе 20 лет. В числе старых сортов имеется несколько сортов, возрастом более 100 лет (*Caprise*, *Coronation*, *Goliaph*, и *Depute Nomblot*).

По окраске цветка сорта ириса гибридного в коллекции представлено 5 классов. Большинство сортов, 68%, относятся к классу одноцветных, но имеющих разную цветовую гамму; 15,2% относятся к классу двухцветных ирисов; 8,4% – пликата; 6% – к классу двухтонных и 2% – переливчатой окраски.

Таблица 2

Состав коллекции ириса гибридного Ботанического сада им. Э. Гареева
Национальной академии наук Кыргызской Республики по высоте цветоноса

Высота растений	Садовая группа	Процент сортов от общего числа в коллекции	Количество сортов
Низкорослые	MDB – миниатюрные карликовые бородачатые	6	15
	SDB – стандартные карликовые бородачатые	3,2	8
Среднерослые	IB – интермедия	2	5
	MTB – миниатюрные высокие бородачатые	0,8	2
	BB – бордюрные бородачатые	0,8	2
Высокорослые	TB – высокие бородачатые	87,2	218

Согласно классификации Американского общества ирисов [11], коллекция садовых бородачатых ирисов ботанического сада по высоте цветоноса разделена на 3 основные группы и 6 подгрупп (табл. 2). Низкорослые сорта разделены на миниатюрные и стандартные карликовые. Среднерослые, от 40 до 70 см высотой, разделены на 3 подгруппы по размеру цветка. Группа высокорослых ирисов состоит только из растений выше 70 см.

Коллекция сортов ириса гибридного в основном (87,2%) состоит из высокорослых сортов. Минимальная высота побега отмечена у сорта *Sapphire Jewel* – 21 см, максимальной высотой, 114 см, отличаются 2 сорта: *Gimenei* и *South Pacific*.

По срокам цветения сорта ириса гибридного разделены на 4 группы: ранние (27 апреля – 14 мая), среднеранние (4 мая – 4 июня), средние (13 мая – 9 июня) и поздние (25 мая – 11 июня). Первыми расцветают сорта из группы миниатюрных карликовых ирисов: *Finger Priwts* (27 апреля), *Prisoner*, последними цветут сорта из группы высокорослых ирисов – *Rainbow Room* и *Black Taffeta* – 11 июня. Все сорта коллекции ириса гибридного ежегодно цветут, создавая декоративный эффект в течение 1,5 месяца.

Заключение

В результате интродукционных работ с 1952 по 2024 г. в Ботаническом саду собран коллекционный фонд рода *Iris* L., включающий 19 видов и 264 сорта, 3 подрода: *Iris*, *Limniris*, *Xyridion*. Сорта и виды ирисов инорайонной флоры получены из ботанических садов ближнего и дальнего зарубежья, виды местной флоры привозили из природы Кыргызстана. Все интродуцированные сорта коллекции ежегодно цветут. Видовые ирисы коллекции цветут ежегодно, только 3 вида, *I. bloudovii*, *I. ruthenica*, *I. loczyi*, которые цветут не каждый год. Три этих вида недолговечны в культуре и выпадают через несколько лет после посадки.

Созданная коллекция вносит вклад в сохранение биоразнообразия ирисовых, в том числе редких исчезающих видов ирисов. На базе созданной коллекции ведутся научно-исследовательские, селекционные работы, учебно-просветительская деятельность.

Список литературы

1. Васильева М.В. 75 лет коллекции рода *Iris* L. во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) // IV Московский Международный Симпозиум по роду Ирис «*Iris-2022*»: материалы IV Московского Международного Симпозиума (Москва, Ботанический сад МГУ, 14–17 июня 2022 г.). М.: Макс Пресс, 2022. С. 221–226.
2. Лазыков Г.А., Султанова Б.А. Кадастр флоры Кыргызстана. Сосудистые растения. Бишкек, 2014. 126 с.
3. Мамаева Н.А. Основные подходы к формированию структуры разнообразных коллекций декоративных растений типа *Iris* L. ОДР ГБС РАН // Цветоводство: история, теория, практика: материалы VII международной научной конференции (Минск, 24–26 мая 2016 г.). Минск: Конфидо, 2016. С. 163–165.
4. Сидельникова Л.Л. Карликовые ирисы в условиях *ex situ* лесостепи Приобья // IV Московский Международный Симпозиум по роду Ирис «*Iris-2022*»: материалы IV Московского Международного Симпозиума (Москва, Ботанический сад МГУ, 14–17 июня 2022 г.). М.: Макс Пресс, 2022. С. 179–184.
5. Столетова Н.В., Миронова Л.Н. Анализ коллекции рода *Iris* (*Iridaceae*) Ботанического сада-института ДВО РАН (г. Владивосток) // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2021. Вып. 25. С. 16–23.
6. Введенский А.И. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. Т. 2. Ташкент: Фан, 1971. 363 с.
7. Попова И.В. Интродукция представителей рода *Iris* L. в Ботаническом саду им. Э. Гареева НАН КР // III Московский Международный Симпозиум по роду Ирис «*Iris-2016*»: материалы III Московского Международного Симпозиума (Москва, Ботанический сад МГУ, 15–18 июня 2016 г.). М.: Макс Пресс, 2016. С. 208–210.
8. Попова И.В. Некоторые представители семейства Касатиковых (*IRIDACEAE* Juss.) в НИИ БС им. Э. Гареева НАН КР // Известия НАН КР. 2022. № 7. Спецвыпуск. С. 119–122.
9. Бородин Г.С. Коллекция ирисов в Центральном Ботаническом саду НАН Беларуси // III Московский Международный Симпозиум по роду Ирис «*Iris-2016*»: материалы III Московского Международного Симпозиума (Москва, Ботанический сад МГУ, 15–18 июня 2016 г.). М.: Макс Пресс, 2016. С. 151–156.
10. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
11. The American Iris Society [Электронный ресурс]. URL: <http://www.irises.org> (дата обращения: 31.01.2025).

СТАТЬИ

УДК 613.164:614.7

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМА
НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЙ
ПО ЕГО СНИЖЕНИЮ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ****¹Егорова А.М., ²Егорова М.В.**¹*ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана»
Роспотребнадзора, Мытищи, e-mail: egorova.am@fncg.ru;*²*ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения России,
Москва, e-mail: egomaria97@mail.ru*

Урбанизация открывает новые возможности для жителей современных городских районов, но приводит к уплотнению застройки, увеличению количества дорог и, как следствие, повышению уровня шума. Шум является одним из ведущих факторов окружающей среды, влияющих на здоровье населения, воздействие которого возрастает. Основным источником шума в населенных пунктах по-прежнему служит транспорт. Цель исследования – совершенствование гигиенических критериев оценки шума окружающей среды и мероприятий по его снижению в современных условиях. Проведен анализ результатов отечественных и международных исследований, связанных с гигиенической оценкой шума, его влияния на здоровье населения и мер по снижению негативного воздействия. Анализ влияния шума окружающей среды показал, что шум способствует развитию целого ряда неинфекционных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые заболевания, нарушение обмена веществ, когнитивные нарушения и нейродегенеративные расстройства, приводит к росту употребления психоактивных веществ и психических расстройств. Изучены мероприятия по снижению шума в современных условиях, показаны эффективность и значимость мер, направленных на снижение уровня шума. Необходимы всесторонняя оценка воздействия и комплексное решение проблемы неблагоприятного воздействия шума окружающей среды на здоровье в целях создания устойчивой и здоровой городской среды и принятия управленческих решений. В условиях повышенного уровня шума важны совершенствование методов гигиенической оценки шума и шумозащитных мероприятий, создание архитектурно-планировочных решений, ориентированных на здоровье.

Ключевые слова: шум окружающей среды, сердечно-сосудистая система, раздражение от шума, нарушение сна

**HYGIENIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF NOISE
ON PUBLIC HEALTH AND MEASURES
TO REDUCE IT IN MODERN CONDITIONS****¹Egorova A.M., ²Egorova M.V.**¹*Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rosпотребнадзор,
Mytishchi, e-mail: egorova.am@fncg.ru;*²*Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health
of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, e-mail: egomaria97@mail.ru*

Urbanization opens up new opportunities for residents of modern urban areas, but it leads to a compaction of buildings, an increase in the number of roads and, as a result, an increase in noise levels. Noise is one of the leading environmental factors affecting the health of the population, the impact of which is increasing. Transportation is still the main source of noise in populated areas. The purpose of the study is to improve the hygienic criteria for assessing environmental noise and measures to reduce it in modern conditions. The analysis of the results of domestic and international studies related to the hygienic assessment of noise, its impact on public health and measures to reduce the negative impact is carried out. An analysis of the effects of environmental noise has shown that noise contributes to the development of a number of non-communicable diseases, such as cardiovascular diseases, metabolic disorders, cognitive impairments and neurodegenerative disorders, leading to an increase in substance use and psychiatric disorders. Noise reduction measures in modern conditions are studied, the effectiveness and importance of measures aimed at reducing noise levels are shown. A comprehensive impact assessment and comprehensive solution to the adverse effects of environmental noise on health are needed in order to create a sustainable and healthy urban environment and make management decisions. In conditions of increased noise levels, it is important to improve methods of hygienic assessment of noise and noise protection measures, and create architectural and planning solutions focused on health.

Keywords: environmental noise, cardiovascular system, noise irritation, sleep disturbance

Введение

Одним из ведущих факторов окружающей среды, влияющих на здоровье населения, является шум окружающей среды. Основным источником шума в населенных пунктах по-прежнему служит транспорт.

Особенно остро проблема транспортного шума стоит в крупных городах РФ – Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Красноярске, Ростове-на-Дону и др. [1].

Концепция экспосома была сформулирована в 2005 году американским исследователем

дователем в области эпидемиологии рака С.Р. Wild [2]. Он предложил термин «экспозом» (от англ. exposure – «экспозиция») для обозначения суммы внешних факторов, которым подвергается индивид начиная с пренатального периода и до смерти, в их числе внешние факторы, поведенческие факторы, факторы образа жизни и биологические реакции.

Шум окружающей среды является вторым по значимости фактором экологического риска в Европе, уступая лишь загрязнению воздуха (Европейское агентство по окружающей среде 2020). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определяет его как шум, возникающий из всех источников, кроме шума на рабочем месте (ВОЗ 2018).

Шум в окружающей среде – это нежелательный или вредный звук, возникающий в результате деятельности человека, в том числе шум, создаваемый транспортными средствами – автомобильным, железнодорожным, воздушным транспортом, а также промышленными предприятиями (Директива 2002/49/ЕС 2002).

Согласно ВОЗ: «Шум является серьезной проблемой общественного здравоохранения. Он оказывает отрицательное воздействие на здоровье и благополучие людей, и это вызывает растущую озабоченность» [3]. ВОЗ рекомендует снижать шум, производимый автомобильным транспортом, до эквивалентного уровня суточного шума L_{den} ниже 53 децибел (дБ), а для ночного шума L_{night} до уровня ниже 45 дБ, поскольку шум от автомобильного движения выше этих уровней вызывает неблагоприятные последствия для здоровья.

На правительственном уровне в Российской Федерации проводятся мероприятия по борьбе с шумом, включающие усиление ответственности за громкие выхлопы владельцев автотранспорта с модифицированными глушителями, разрабатываются программы по шумозащитным мероприятиям: обязательной установке шумозащитных окон и шумозащитных экранов при строительстве новых транспортных объектов [4, 5].

Цель исследования – совершенствование гигиенических критериев оценки шума окружающей среды и мероприятий по его снижению в современных условиях.

Материалы и методы исследования

Проведен анализ результатов отечественных и международных исследований, связанных с гигиенической оценкой шума, его действия на здоровье населения и мер по снижению негативного воздействия.

Результаты исследования и их обсуждение

Воздействие сильного шума может вызывать усиление биологических реакций на стресс, повышенный риск со стороны сердечно-сосудистой системы [6], является фактором риска развития гипертонии [7]. Проживание или работа в условиях воздействия шума значительно связаны с повышенным риском гипертонии (ОР: 1,18; 95% ДИ: от 1,06 до 1,32). Суммарный коэффициент риска развития гипертонии при увеличении уровня шума на 10 дБ(А) составил 1,13 (95% ДИ: от 0,99 до 1,28) при умеренной неоднородности ($P=0,003$, $I^2=72,1\%$).

В исследовании [8] авторы обнаружили, что повышенное воздействие шума от самолетов было связано с увеличением числа диагнозов сердечно-сосудистых заболеваний, случаев употребления психоактивных веществ / психических расстройств и бессонницы среди жителей: значительно увеличилось число случаев бессонницы во всех возрастных группах, но особенно у детей в возрасте от 5 до 17 лет (ОШ=1,64, 95% ДИ: от 1,12 до 2,39); сердечно-сосудистые заболевания значительно участились. Также участились обращения в отделения неотложной помощи в связи с употреблением психоактивных веществ и психическими расстройствами, особенно у молодежи.

При анализе шести исследований [9], посвященных преэклампсии, гестационному диабету и гестационной гипертензии под влиянием шума, было установлено, что при преэклампсии и гестационной гипертензии может наблюдаться реакция на повышенный уровень шума, однако достоверность данных о влиянии повышенного уровня шума на все эти состояния была низкой.

В исследовании [10] было собрано и проанализировано 2080 исследований раздражающего шума в туннелях метро. В итоге с помощью логистической функции была получена зависимость между уровнем шума в салоне и раздражением пассажиров. Для обеспечения акустического комфорта уровень шума в салоне метро не должен превышать 84–85 дБ(А).

В статье [11] сравнивали воздействие на здоровье дорожного шума при различных архитектурно-планировочных сценариях уплотнения городской застройки в Швеции. Было рассмотрено 3 сценария: 1) современный, представляющий исследуемую территорию в том виде, в котором она существует в настоящее время; 2) запланированная муниципальная стратегия (собственные планы города Мальмё по уплотнению застройки)

и 3) ориентированный на здоровье, который предполагает значительные структурные изменения и отражает стремление сделать приоритетным подход, ориентированный на здоровье. Показатели здоровья включали в себя раздражение от шума, нарушение сна, заболеваемость ишемической болезнью сердца (ИБС) и смертность. Во всех сценариях значительная часть исследуемой популяции подвергалась воздействию уровней шума, превышающих рекомендованные ВОЗ значения ($L_{\text{ден}}$ 53 дБ): более 80% в сценариях «Современный» и «Плановая муниципальная стратегия» и почти 50% в сценарии «Ориентированный на здоровье». Было установлено, что при уплотнении застройки в соответствии со сценарием, ориентированным на здоровье, возможно предотвратить 549 случаев сильного раздражения, 193 случая нарушений сна, 4,7 новых случая ишемической болезни сердца (8,9% от общего числа случаев) и 1,5 случая смертей от ишемической болезни сердца (17,8% от общего числа смертей от ишемической болезни сердца) в год. Результаты этого исследования показали, что можно значительно снизить неблагоприятное воздействие шума на здоровье с помощью более ориентированной на здоровье стратегии уплотнения застройки.

В исследовании [12] установлено, что под воздействием шума организм активизирует гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему и симпатическую нервную систему, что приводит к выработке гормонов стресса, таких как катехоламины и кортизол. Длительное воздействие шума, вызывающего стресс, способствует хроническому воспалению и окислительному стрессу. Показана роль воспаления и окислительного стресса в развитии вызванной шумом сосудистой дисфункции, нарушении циркадных ритмов, ускоренном старении, нейровоспалении и изменениях в микробиоме.

Авторы считают [13], что для того, чтобы более эффективно решать вопросы улучшения условий проживания населения на территориях городов, находящихся в зоне влияния транспорта, необходимо владеть информацией о прогнозе динамики ситуации, о самочувствии людей, подвергающихся воздействию сверхнормативного транспортного шума, об эффективности осуществляемых шумозащитных мероприятий. В статье представлена информация об особенностях влияния транспортного шума на здоровье человека на урбанизированных территориях, о мерах по снижению шума, о выполнении шумозащитных мероприятий в городе Ростове-на-Дону и их эффективности.

В статье [14] рассмотрено вредное влияние шума на окружающую среду и организм человека, проанализированы факторы, влияющие на шумоизлучение транспортного потока. Исследовано влияние дорожных условий, состава транспортного потока, скорости движения, шероховатости дорожного покрытия на уровень шума, а также рекомендованы мероприятия по уменьшению их воздействия. В процессе исследования были предложены пути решения вопросов по повышению комфортабельности проживания населения, а также снижения уровня шума на улично-дорожной сети города.

В данной работе [15] рассмотрены негативное влияние шума на человеческий организм, а также способы защиты от транспортного шума. Основным способом защиты от шума является установка акустических экранов. Как правило, в условиях городской жилой застройки, находящейся на одном уровне с автодорогой, экраны не устанавливаются из-за блокировки ими перемещения населения (на остановочные пункты, в магазины, поликлиники и т.п.). Однако, если жилая застройка представляет собой локальный внутриквартальный жилой комплекс (особенно бизнес-класса), то проект непременно включает себя охранный ограждение (забор) по периметру участка застройки. Для подобных объектов жилой инфраструктуры предлагается заменить заборы на акустические экраны, которые будут выполнять и охранные, и шумозащитные функции.

В данной статье [16] представлен материал, раскрывающий негативное воздействие шума на здоровье школьников в различных местах пребывания человека: в образовательном учреждении, на улице и дома. Шум понижает качество жизни, наносит значительный вред здоровью школьников. Необходимо обратить серьезное внимание на организацию образовательного процесса, досуга учащихся на школьных переменах и дома. Были разработаны рекомендации по снижению вредного воздействия шума на организм школьников: например, организовывать старшекласников для проведения игр с учащимися начальных классов на переменах, высаживать ярусную изгородь из кустарников и деревьев на пришкольном участке для снижения транспортных шумов.

В исследовании [17, с. 202–289] приведена классификация автотранспортных, железнодорожных и авиационных источников по фактору шума; разработаны расчетные модели распространения звука для стандартных вариантов застройки; научно обоснован инженерный метод для оценки снижения шума в застройке; разработаны мето-

дики по снижению шума; сформулированы новые принципы составления карт шума транспорта в городской застройке; даны рекомендации по выбору шумозащитных мероприятий на основании классификации источников по уровням шума и типов застройки. Также предложен новый подход к составлению карт шума, основанный на классификации источников по уровням шума и рассмотрении процессов дифракции в городской застройке, на его основе созданы нормативно-технические документы. Разработана классификация транспортных источников по фактору шума в зависимости от их параметров. Изучены закономерности снижения шума транспортных источников в городской застройке, оценено влияние параметров зданий на снижение шума. Разработаны рекомендации по выбору шумозащитных мероприятий, апробированные в процессе эксплуатации транспортных источников шума.

В исследовании [18, с. 55–97] выявлен рост общей (на 38,40%) и первичной (на 24,50%) заболеваемости органов слуха взрослого населения г. Находки за 2000–2012 гг. на фоне увеличивающейся автомобилизации населения (с 2000 по 2016 гг. прирост составил 113%) и высокой акустической напряженности городской среды. Прогнозируется сохранение тенденции увеличения количества заболеваний органов слуха населения на ближайшие годы. Показано, что уровень шума в двух микрорайонах г. Находки, различающихся акустической напряженностью, превышает санитарную норму (ПДУ – 55 дБА) на 17–30 дБА в центральной части города вдоль главной магистрали, что обусловлено интенсивностью дорожного движения и близостью портовой территории, и на 11–16 дБА в микрорайоне, удаленном от главной автомагистрали и порта.

В исследовании [19, с. 177–197] определены научно-методические основы комплексной гигиенической оценки влияния объездных и транзитных автомобильных дорог на окружающую среду и здоровье населения с использованием оценки риска для здоровья (на примере г. Санкт-Петербурга). Разработаны и внедрены: концептуальная модель гигиенической оценки автотранспортных загрязнений и управления риском для здоровья населения; комплекс практических рекомендаций для органов законодательной и исполнительной власти, Управления Роспотребнадзора, Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, Комитета по здравоохранению администрации Санкт-Петербурга

по совершенствованию мероприятий, обеспечивающих безопасность проживания населения в условиях развития и модернизации транспортных инфраструктур на урбанизированных территориях. Составлена схема управления риском при воздействии транспортного шума. Разработан алгоритм ранжирования транспортных магистралей по уровням риска.

В статье [20] проведен анализ для 724 городов и 25 крупных городов в 25 европейских странах, получены карты стратегического уровня шума от дорожного движения, составленные в соответствии с Директивой об экологическом шуме (END), оценено воздействие шума с помощью 24-часового показателя уровня шума в дневное, вечернее и ночное время (L_{den}), начиная с уровня воздействия 55 дБ L_{den} – в зависимости от наличия данных – для взрослого населения в возрасте 20 лет и старше ($n=123\ 966\ 346$). Для взрослых, подвергающихся воздействию шума на уровне выше 55 дБ L_{den} , оценили влияние на здоровье соблюдения рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 53 дБ L_{den} . Были оценены раздражающий уровень шума и ишемическая болезнь сердца (ИБС) с использованием в качестве показателя значения смертности от причин ИБС. Данные о стратегическом шуме предоставлялись в трех различных форматах (растровом, полигональном или полилинейном) и имели различные диапазоны шума и уровни категоризации. Согласно предоставленным данным, почти 60 миллионов взрослых людей подвергались воздействию дорожного шума с уровнем выше 55 дБ L_{den} , что составляет в среднем 42% взрослого населения в проанализированных городах. Подсчитали, что около 11 миллионов взрослых людей сильно раздражаются из-за шума дорожного движения и что 3608 смертей от ишемической болезни сердца можно было бы предотвратить ежегодно. Доля сильно раздраженных взрослых в городах составила в среднем 7,6% в проанализированных городах, а число предотвратимых смертей составило в среднем 2,2 смерти на 100 000 населения. На основании предоставленных стратегических карт шума значительное число взрослых в европейских городах подвергаются воздействию уровней шума дорожного движения, вредных для здоровья. Был сделан вывод о необходимости стандартизации стратегических карт шума и повышения доступности данных о шуме и болезнях на городском уровне, что позволило бы провести более точную и всестороннюю оценку воздействия шума дорожного движения на здоровье.

Выводы

Полученные результаты позволили конкретизировать опасность воздействия шума с целью обоснования более эффективных мер защиты здоровья населения.

1. Шум способствует развитию целого ряда неинфекционных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые заболевания, нарушение обмена веществ, когнитивные нарушения и нейродегенеративные расстройства.

2. Уплотнение застройки в городах, связанное с транспортным шумом, является причиной сильного раздражения, нарушений сна, ишемической болезни сердца и смертей от ишемической болезни сердца.

3. Необходимы всесторонняя оценка воздействия шума дорожного движения и комплексное решение проблемы неблагоприятного воздействия шума дорожного движения на здоровье в целях создания устойчивой и здоровой городской среды, стандартизация стратегических карт шума и повышение доступности данных о шуме и болезнях в целях всесторонней оценки воздействия шума дорожного движения на здоровье.

В условиях повышенного уровня шума важно создание стратегии уплотнения застройки, ориентированной на здоровье.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 268 с.
2. Wild C.P. Complementing the genome with an “exposome”: the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2005. Vol. 14, Is. 8. P. 1847–1850. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-05-0456.
3. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise – Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise. [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0049/> (дата обращения: 25.02.2025).
4. СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71636066/> (дата обращения: 27.02.2025).
5. Кирюшина Н.К., Гончаренко И.А., Пузакова А.И. Перспективы снижения шумового загрязнения Москвы при реализации актуализированного генерального плана // *Academia. Архитектура и строительство.* 2009. № 5. С. 89–93.
6. Sivakumaran K., Ritonja J.A., Waseem H., AlShenai-bar L., Morgan E., Ahmadi S.A., Denning A., Michaud D.S., Morgan R.L. Impact of Noise Exposure on Risk of Developing Stress-Related Health Effects Related to the Cardiovascular System: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Noise Health.* 2022. Vol. 24, Is 114. P. 107–129. DOI: 10.4103/nah.nah_83_21.
7. Chen F., Fu W., Shi O., Li D., Jiang Q., Wang T., Zhou X., Lu Z., Cao S. Impact of exposure to noise on the risk of hypertension: A systematic review and meta-analysis of cohort studies // *Environ Res.* 2021. Vol. 195. P. 110813. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110813.
8. Wang S.S., Glied S., Williams S., Will B., Muennig P.A. Impact of aeroplane noise on mental and physical health: a quasi-experimental analysis // *BMJ Open.* 2022. Vol. 12, Is. 5. P. 057209. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-057209.
9. Sivakumaran K., Ritonja J.A., Waseem H., AlShenai-bar L., Morgan E., Ahmadi S.A., Denning A., Michaud D., Morgan R.L. Impact of Noise Exposure on Risk of Developing Stress-Related Obstetric Health Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Noise Health.* 2022. Vol. 24, Is. 114. P.137–144. DOI: 10.4103/nah.nah_22_22.
10. Ma M., Ran W., Wu J., Li M., Qu X. Evaluating the Impact of Metro Interior Noise on Passenger Annoyance: An Experimental Study // *Int J Environ Res Public Health.* 2022. Vol. 19, Is. 9. P. 5041. DOI: 10.3390/ijerph19095041.
11. Flanagan E., Malmqvist E., Oudin A., Sunde Persson K., Alkan Ohlsson J., Mattisson K. Health impact assessment of road traffic noise exposure based on different densification scenarios in Malmö, Sweden // *Environ Int.* 2023. Vol. 174. P. 107867. DOI: 10.1016/j.envint.2023.107867.
12. Arregi A., Vegas O., Lertxundi A., Silva A., Ferreira I., Bereziartua A., Cruz M.T., Lertxundi N. Road traffic noise exposure and its impact on health: evidence from animal and human studies-chronic stress, inflammation, and oxidative stress as key components of the complex downstream pathway underlying noise-induced non-auditory health effects // *Environ Sci Pollut Res Int.* 2024. Vol. 31, Is. 34. P. 46820–46839. DOI: 10.1007/s11356-024-33973-9.
13. Почекаева Е.И. Транспортный шум урбанизированных территорий // *Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования.* 2021. № 5. С. 44–48.
14. Жакыпджанова В.С., Аданбаева А.У., Маманберди А.У., Айдарали У. Исследование шумоизлучения транспортных потоков // *Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики.* 2023. № 58. С. 93–98.
15. Власенко М.Г., Элькин Ю.И. Возможность использования акустических экранов в условиях городской застройки // *Защита от повышенного шума и вибрации: сборник трудов конференции IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года.* Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2023. С. 53–59.
16. Шлыкова И.И., Полетаева О.Ю., Саранова О.В. Влияние шума на здоровье школьника // *Новой школе – здоровые дети: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 02–03 октября 2020 года.* Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2020. С. 204–206.
17. Буторина М.В. Разработка научных и методических основ картирования шума транспорта на территории городской застройки: дис... докт. тех. наук. Санкт-Петербург, 2020. 429 с.
18. Климова М. Г. Экологическая оценка шумового воздействия автотранспорта на здоровье жителей портового города: дис... канд. биол. наук. Владивосток, 2017. 139 с.
19. Лим Т.Е. Научно-методические основы гигиенической оценки влияния объездных и транзитных автомобильных дорог на окружающую среду и здоровье: дис.... докт. мед. наук. Санкт-Петербург, 2015. 277 с.
20. Khomenko S., Cirach M., Barrera-Gómez J., Pereira-Barboza E., Iungman T., Mueller N., Foraster M., Tonne C., Thondoo M., Jephcote C., Gulliver J., Woodcock J., Nieuwenhuijsen M. Impact of road traffic noise on annoyance and preventable mortality in European cities: A health impact assessment // *Environ Int.* 2022. Vol 162. P. 107160. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107160.

УДК 616-009-053.36:613.287.8

ОЦЕНКА НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ НА ГРУДНОМ ВСКАРМЛИВАНИИ

¹Кукпекова Л.В., ¹Лобанов Ю.Ф., ²Черников В.В., ²Винярская И.В.¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации», Барнаул, e-mail: agmuped2@mail.ru;²ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: director@nczd.ru

Цель исследования: оценка нервно-психического развития и физического здоровья детей первого года жизни, находящихся на грудном вскармливании. В данной работе рассмотрено нервно-психическое развитие ребенка с помощью опросника «QUALIN» путем проведения анкетирования родителей детей и врачей-педиатров участковых со сравнением данных в квартальных категориях, с достоверностью различий ($p < 0,05$), по U-критерию Манна–Уитни. Исследование проводилось среди детей первого года жизни, в двух группах одного возраста: мальчиков и девочек (с согласия матери, отца или с согласия законного представителя), в количестве 110 детей, находящихся на грудном вскармливании, проживающих в Республике Алтай. Данные проверялись поквартально, с проведением анализа, сравнения нервно-психического развития, физического здоровья детей, с проведением оценки состояния детей. Для исследовательской работы были подобраны мальчики и девочки, находящиеся на грудном вскармливании. При сборе, обработке, анализе полученных данных, при последующем сопоставлении, по результатам показатели сравниваемых данных были выше в группе девочек в первом квартале, далее постепенно преобладали показатели мальчиков. В последнем квартале мальчики по всем показателям опередили девочек.

Ключевые слова: нервно-психическое развитие, физическое развитие, вскармливание, дети, качество жизни, опросник QUALIN

ASSESSMENT OF NERVOUS-MENTAL DEVELOPMENT OF BREASTFEEDING CHILDREN IN THE FIRST YEAR OF LIFE

¹Kukpekova L.V., ¹Lobanov Yu.F., ²Chernikov V.V., ²Vinyarskaya I.V.¹Altai State medical University of Ministry of Health of the Russian Federation,
Barnaul, e-mail: agmuped2@mail.ru;²National Medical Research Center for Children's Health of the Ministry
of Health of the Russian Federation, Moscow, e-mail: director@nczd.ru

The purpose of the study: to assess the neuropsychiatric development and physical health of breastfed infants. This paper examines the neuropsychiatric development of a child, which was determined using the QUALIN questionnaire by conducting a survey of parents of children and district pediatricians with a comparison of data in quarterly categories, with significant differences ($p < 0.05$), according to the Mann-Whitney U-criteria. The study was conducted among children of the first year of life, in two groups of the same age: boys and girls (with the consent of the mother, father or with the consent of a legal representative), in the number of 110 breastfed children living in the Altai Republic. The data were checked quarterly, with analysis, comparison of neuropsychiatric development, physical health of children, and assessment of the children's condition. Boys and girls who were breastfed were selected for the research work. During the collection, processing, analysis of the data obtained, and subsequent comparison, according to the results, the indicators of the compared data were higher in the girls' group in the first quarter, and then the indicators of boys gradually prevailed. In the last quarter, boys were indisputably ahead of girls in all indicators.

Keywords: neuropsychic development, physical development, feeding, children, quality of life, QUALIN questionnaire

Введение

В настоящее время во всем мире активно обсуждается проблема питания детей первого года жизни. В педиатрии существует стандартный подход к вопросу грудного вскармливания, основанный на научных данных, подтверждающих, что женское молоко имеет уникальный и незаменимый состав питательных, биологически активных и функциональных микроэлементов и макроэлементов.

В научном мире, помимо грудного вскармливания, всегда проявлялся повышенный интерес и к нервно-психическому

развитию (НПР) человека, особенно в раннем возрасте. Проведено много исследовательских работ. Считается, что естественное вскармливание является обязательным условием формирования личности: созревания центральной нервной системы, развития взаимоотношений с социумом и окружающей средой. Кроме того, характер вскармливания оказывает влияние на становление обменных процессов и функционирование нейроэндокринной системы.

С самых первых мгновений жизни младенец активно вовлекается в окружающий мир и особенно тесно привязывается к сво-

ей матери через процесс грудного вскармливания – ключевой фактор для гармоничного развития ребенка на всех уровнях, включая его психоневрологическую адаптацию.

Цель исследования – проведение сравнительного анализа нервно-психического развития между детьми разного пола в одинаковой возрастной категории, находящихся на грудном вскармливании, с помощью международного опросника «QUALIN», на территории Республики Алтай.

Материалы и методы исследования

Обследованы 110 детей (55 девочек, 55 мальчиков) в возрасте от 0 до 12 месяцев жизни. Все дети находились на грудном вскармливании. Дети все от доношенной беременности, без хронических патологий, имевшие при рождении рост от 47 см и выше, массу тела при рождении 2800 г и выше.

Сбор данных осуществляли среди осведомленных и подписавшихся родителей младенцев, родившихся в доношенный срок без осложнений, с весом не ниже 2800 г и ростом от 47 см. Эксклюзивные критерии включения: полное согласие обоих или хотя бы одного родителя на участие; отсутствие у детей хронических заболеваний в стадии декомпенсации, вес при рождении не менее 2800 г и рост от 47 см. Это обеспечивало надежность оценки психоневрологического развития детей первого года жизни.

Для определения динамики психоневрологического и физического роста детей до 1 года Республики Алтай, находящихся на естественном вскармливании, была проведена работа с помощью инструмента «QUALIN» [1]. В целях оценивания качества жизни детей применялась русскоязычная версия международной шкалы оценки качества жизни «QUALIN», инструмент для оценки качества жизни детей (в возрасте от трех месяцев до трех лет), который был разработан на основе изучения спонтанных критериев, используемых родителями или опекунами (педиатрами или медсестрами), когда они думают о качестве жизни ребенка. Разработаны две формы: одна предназначена для детей в возрасте до одного года, а другая – для детей в возрасте от одного года до трех лет. В данной работе применялась анкета «QUALIN», предназначенная для детей в возрасте с рождения до 1 года жизни. Анкета «QUALIN» состоит из 34 пунктов и может быть заполнена родителями или опекунами.

Данные были собраны с помощью использования русскоязычной версии международной шкалы оценки качества жизни опросников «QUALIN» у родителей (за-

конных представителей) детей и педиатров (специальная часть). В течение 1 года ежеквартально проводилось анкетирование родителей 110 детей (55 мальчиков, 55 девочек) в возрасте от 0 месяцев до 1 года, распределенных по возрастным категориям и полу: от новорожденных до 3 месяцев – первая группа; с 3 до 6 месяцев – вторая группа; затем от 6 до 9 месяцев и дети в возрасте 9–12 месяцев.

В данном опроснике рассчитываются средние показатели для каждого ребенка, в последующем выводится среднее значение в каждой оцениваемой группе с последующим сравнением данных между мальчиками и девочками одного возраста. После сбора данных анализ анкетирования по критериям качества жизни (КЖ) проводили с использованием статистического метода Манна-Уитни для сопоставления средних показателей групп при допустимом уровне значимости ошибок менее 5%.

Результаты исследования и их обсуждение

Были получены следующие данные.

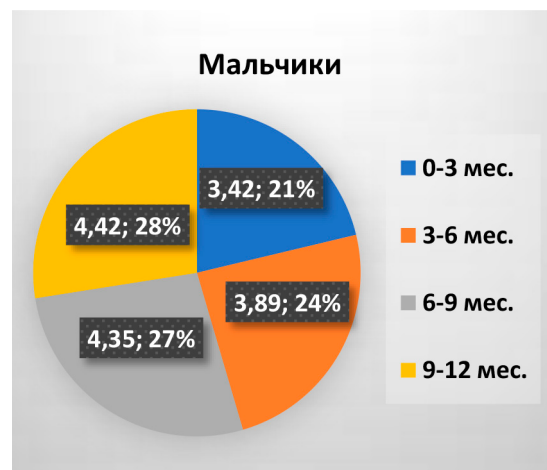


Рис. 1. Ежеквартальные показатели нервно-психического развития мальчиков 1-го года жизни (средний балл) в зависимости от возраста

На рисунке 1 приведены данные мальчиков: средний балл нервно-психического развития среди мальчиков в возрасте от 0 до 3 месяцев равен 3,42, что составляет 21% от общего количества, с 3 до 6 месяцев – 3,89 (24%), с 6 до 9 месяцев – 4,35 (27%), в период с 9 до 12 месяцев жизни – 4,42 (28%).

На рисунке 2 приведены данные девочек: средний балл нервно-психического развития девочек в возрасте от 0 до 3 меся-

цев равен 4,17, что составляет 24% от общего количества, с 3 до 6 месяцев – 4,2 (25%), с 6 до 9 месяцев – 4,37 (25%), в период с 9 до 12 месяцев жизни – 4,2% (25%).



Рис. 2. Ежеквартальные показатели нервно-психического развития девочек 1-го года жизни (средний балл) в зависимости от возраста

При сравнении данных нервно-психического развития среди мальчиков и девочек в возрасте от 0 до 12 месяцев установлено следующее:

– нервно-психическое развитие девочек в возрасте от 0 до 3 месяцев соответствует 4,17 балла (24%), мальчиков – 3,42 балла (21%) ($p < 0,05$). Показатели девочек выше показателей мальчиков;

– нервно-психическое развитие девочек в возрасте от 3 до 6 месяцев соответствует 4,20 балла (25%), мальчиков – 3,89 балла (25%) ($p < 0,05$). Показатели девочек выше показателей мальчиков;

– нервно-психическое развитие девочек в возрасте от 6 до 9 месяцев соответствует 4,37 балла (25%), мальчиков – 4,35 балла (27%) ($p < 0,05$). Показатели девочек выше показателей мальчиков;

– нервно-психическое развитие девочек в возрасте от 9 до 12 месяцев соответствует 4,39 балла (26%), мальчиков – 4,42 балла (28%) ($p < 0,05$). В данной возрастной категории показатели мальчиков выше по сравнению с показателями детей женского пола.

Таблица 1

Сравнительная таблица нервно-психического развития девочек и мальчиков первого года жизни, находящихся на грудном вскармливании

Возраст, месяцев	Пол	
	Девочки (n=55) 1-я группа	Мальчики (n=55) 2-я группа
0–3	4,17±0,28	3,42±0,37
3–6	4,20±0,27	3,89±0,52*
6–9	4,37±0,28	4,35±0,26
9–12	4,39±0,35	4,42±0,37

* – $p < 0,05$ – достоверность различий показателей для групп 1 и 2 (средние баллы, $M \pm SD$) по t-критерию Манна-Уитни, * – со статистической значимостью ($p < 0,05$) (табл., рис. 1, 2, 3).

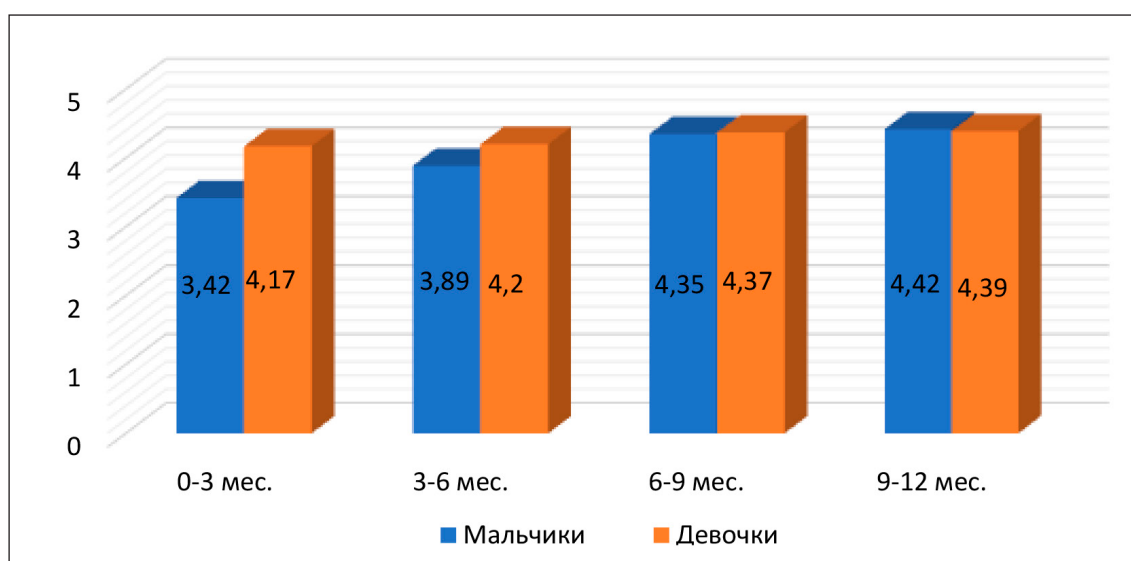


Рис. 3. Сравнительная оценка НПР мальчиков и девочек в возрасте от 0 до 12 месяцев

По предоставленным данным таблицы и рисунка 3, нервно-психическое развитие мальчиков первого года жизни, находящихся на естественном вскармливании, в возрасте с рождения до 9 месяцев, происходит с отставанием от показателей девочек. В четвертом квартале первого года жизни мальчики опережают девочек по нервно-психическому развитию.

В первые тысячи дней жизни человека является критически важным этапом, когда качество питания в сочетании с эпигенетическими воздействиями закладывает фундамент будущей жизнеспособности организма. Этот период играет значимую роль, определяя направление развития генетических предрасположенностей. Правильное питание младенцев в первый год жизни является неотъемлемым фактором их гармоничного роста и комплексной нервно-психической зрелости [2]. Грудное вскармливание у млекопитающих, включая человека, выступает биологическим идеалом. Исследования состава материнского молока демонстрируют его уникальные характеристики: компоненты обладают противомикробными свойствами, активно защищая иммунитет новорожденного [3]. Это неотъемлемый элемент в процессе закладки фундамента здоровья ребенка на генетическом и физиологическом уровнях.

Материнское молоко, обеспечивая антибактериальный эффект и стимулируя иммунитет у новорожденных, выступает как ключевой элемент в процессе формирования здоровья на генетическом уровне.

Научно установлены механизмы, посредством которых грудное вскармливание способствует оптимизации иммунной зрелости, нормализации кишечных функций и благотворно сказывается на физическом развитии детей первого года жизни. Немаловажную роль в развитии младенца играют макроэлементы и нутритивный состав грудного молока [4, 5].

Дети, находящиеся на естественном питании, демонстрируют превосходство в физическом и психологическом развитии по сравнению с теми, кто получает искусственные смеси [6].

Во время кормления грудью между матерью и ребенком устанавливаются эффективные эмоциональные и социальные связи, усиливается эмоциональная и психологическая связь с матерью, которая связывает их на всю жизнь. Через грудное вскармливание реализуется оптимальная программа становления индивидуума [7]. Чем дольше ребенок получает грудное молоко, тем лучше у него группа здоровья [8, 11]. Во время кормления малыша грудью мать уделяет

ему внимание, общается с ним, улыбается, поглаживает, покачивает. Ребенок, находящийся на грудном вскармливании, быстрее учится выражать свои желания и быть понятным. Нужно помнить, что для увеличения выработки количества молока важна частота прикладываний к груди [9].

В то же время недостаточная информированность женщины в отношении преимуществ грудного вскармливания и неуверенность в рекомендациях по питанию могут способствовать сокращению продолжительности кормления грудью. Поэтому очень важна поддержка матери на всех уровнях: в семье, поликлинике, на государственном уровне [10]. Важнейшей задачей для младенца и его матери становится не только поддержание грудного кормления, но и оптимизация частоты и продолжительности вскармливания в первые 12 месяцев жизни [11].

Заключение

В рамках обширного исследования, проводившегося на протяжении года с квартальной периодичностью, были сопоставлены показатели нервно-психического развития младенцев Республики Алтай по половому признаку.

При анализе полученных данных выявлено следующее: до достижения 9 месяцев мальчики, находящиеся на грудном вскармливании, демонстрировали менее развитые нервно-психические функции по сравнению с девочками того же возраста. Однако после 9-го месяца жизни ситуация кардинально меняется: показатели развития у девочек начинают отставать, и к концу первого года мальчики опережают своих сверстниц в развитии нервной системы и психических процессов среди сравниваемых групп.

Список литературы

1. Черников В.В. Разработка русской версии опросника QUALIN для изучения качества жизни детей раннего возраста // Вопросы современной педиатрии. 2009. Т. 8. С. 14-19.
2. Галактионова М.А., Алексеенко Е.А., Миц Г.Н., Лисихин И.С. Состояние здоровья детей первого года жизни с учётом характера вскармливания: Материалы всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых Сперанские чтения-2023 (Москва. 15 марта 2023) // Российский педиатрический журнал. 2023. Т. 23, № S1. С. 16-17.
3. Урсова Н.И. Значение грудного вскармливания для роста и развития младенца // Журнал Альманах клинической медицины. 2015. № 5. С. 23-37. DOI: 10.18786/2072-0505-2015-42-23-37.
4. Соколова Н.С., Бородулина Т.В., Санникова Н.Е. Физиологическая роль макроэлементов грудного молока (кальция, фосфора, магния) в развитии детей первого года жизни // Уральский медицинский журнал 2022. Т. 21, № 6. С. 51-57. URL: <http://elibrary.usma.ru/handle/usma/16159> (дата обращения: 11.12.2024).

5. Бородулина Т.В., Красилова А.В., Санникова Н.Е., Сюзева Н.В., Мартынова Т.А., Соколова Н.С. Нутритивный статус и развитие детей грудного и раннего возраста // Уральский медицинский журнал. 2015. Т. 127, № 4. С. 51-55. URL: <http://elib.usma.ru/handle/usma/14640> (дата обращения 31.03.2024).
6. Кукпекова Л.В., Лобанов Ю.Ф. Сравнительная оценка качества жизни детей первого года жизни, в зависимости от вида вскармливания и пола // Современные проблемы науки и образования. 2024. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33407> (дата обращения: 11.12.2024). DOI: 10.17513/spno.33407.
7. Чуткова Д.А., Ладодо О.Б., Зубков В.В., Суханова Е.И., Ярох С.А. Психологические аспекты грудного вскармливания. Обзор литературы // Психическое здоровье. 2023. Т. 18, № 12. С. 90-97.
8. Пастбина И.М., Меньшикова Л.И., Жилина О.Ю. Грудное вскармливание как позитивный фактор формирования здоровья детей раннего возраста // Вестник Уральского государственного медицинского университета. 2019. № 3-4. С. 138-141. URL: <http://elib.usma.ru/handle/usma/1997> (дата обращения: 11.12.2024).
9. Орлова С.В., Никитина Е.А., Водолазкая А.Н., Волкова Л.Ю., Прокопенко Е.В. Влияние лактации и питания на здоровье кормящей женщины // Медицинский алфавит. 2021. № 21. С. 75-82. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-21-75-82.
10. Буцкая Т.В. Актуальные аспекты поддержки грудного вскармливания и повышения информированности в вопросах питания в период кормления грудью // Российский педиатрический журнал. 2023. Т. 26. № 4. С. 284-289. DOI: 10.46563/1560-9561-2023-26-4-284-289.
11. Юрьев В.К., Моисеева К.Е., Алексеева А.В., Харбеда Ш.Д. Оценка влияния продолжительности грудного вскармливания на здоровье ребёнка // Теоретическая и клиническая медицина. 2019. Т. 4, № 100. С. 578-582. DOI: 10.17816/KMJ2019-578.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

УДК 616.321-006.31-02:616.322-089.8

**РЕДКАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЛИМФАНГИОМЫ
В ГЛОТОЧНОМ КОЛЬЦЕ, КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ
ОДНОСТОРОННЕГО ПОРАЖЕНИЯ НЕБНОЙ МИНДАЛИНЫ**^{1,2}Кривопапов А.А., ^{1,3}Коркмазов М.Ю., ¹Алексян Ю.С., ¹Асламбекова А.А.¹ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург,
e-mail: Korkmazov74@gmail.com;²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет
имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Санкт-Петербург, e-mail: krivopalov@list.ru;³ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск,
e-mail: Korkmazov74@gmail.com

Цель исследования – на основании краткого анализа источников литературы по частоте встречаемости, особенностям верификации диагноза и маршрутизации пациентов повысить эффективность ранней диагностики и лечения лимфангиом, расположенных на небной миндалине. Лимфангиома небных миндалин является редким врожденным доброкачественным новообразованием, этиология и патогенез которого до конца не изучены. Причиняя значительный дискомфорт пациентам и негативно влияя на повседневную деятельность, лимфангиомы, локализованные на небной миндалине, существенно снижают качество жизни пациентов. При верификации диагноза важно гистологическое подтверждение. Лечение лимфангиом небных миндалин хирургическое с использованием современного диагностического оборудования и хирургического инструментария. При щадяще выполненной операции и тотальном удалении гемангиомы, как правило, тенденции к рецидиву не наблюдается. Приводится редко встречающийся пример клинического наблюдения лимфангиомы правой небной миндалины у пациента мужского пола 35 лет, обратившегося в поликлинику Санкт-Петербургского научно-исследовательского института уха, горла, носа и речи с жалобами на новообразование в правой небной миндалине, дискомфорт в горле при глотании. Из анамнеза: страдает около восьми лет, пять лет назад выполнена биопсия, результаты гистологического исследования – фрагменты миндалины с очаговой лейкоцитарной инфильтрацией. В условиях стационара, под многокомпонентной анестезией с интубацией трахеи, у пациента удалено новообразование с последующим гистологическим подтверждением лимфангиомы небной миндалины.

Ключевые слова: лимфангиома, глоточное кольцо, небные миндалины, доброкачественное новообразование, лимфангиоматозный полип

**RARE LOCALIZATION OF LYMPHANGIOMAS
IN THE PHARYNGEAL RING, A CLINICAL CASE
OF UNILATERAL LESION OF THE PALATINE TONSIL**^{1,2}Krivopalov A.A., ^{1,3}Korkmazov M.Yu., ¹Aleksanyan Yu.S., ¹Aslambekova A.A.¹Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech of the Ministry
of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: Korkmazov74@gmail.com;²I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University of the Ministry of Health
of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: krivopalov@list.ru;³South Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Chelyabinsk, e-mail: Korkmazov74@gmail.com

Based on a brief analysis of literature sources on the frequency of occurrence, features of diagnosis verification and patient routing, to increase the effectiveness of early diagnosis and treatment of lymphangiomas located on the palatine tonsil. Lymphangioma of the palatine tonsils is a rare congenital benign neoplasm, the etiology and pathogenesis of which have not been fully studied. Causing significant discomfort to patients and negatively affecting daily activities, lymphangiomas localized on the palatine tonsil significantly reduce the quality of life of patients. Histological confirmation is important in verifying the diagnosis. The treatment of palatine tonsil lymphangiomas is surgical using modern diagnostic equipment and surgical instruments. With a gently performed operation and total removal of the hemangioma, as a rule, there is no tendency to relapse. A rare example of clinical observation of lymphangioma of the right palatine tonsil in a 35-year-old patient who applied to the polyclinic of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech with complaints of neoplasm in the right palatine tonsil, discomfort in the throat when swallowing is given. From anamnesis: he has been suffering for about 8 years, a biopsy was performed 5 years ago, the results of histological examination were fragments of the amygdala with focal leukocyte infiltration. In a hospital setting, under multicomponent anesthesia with tracheal intubation, a neoplasm was removed from the patient, followed by histological confirmation of palatine tonsil lymphangioma.

Keywords: lymphangioma, pharyngeal ring, palatine tonsils, benign neoplasm, lymphangiomatous polyp

Введение

Отмечая приоритетные направления в медицине, в своем видеообращении к участникам II Национального Конгресса с международным участием «Национальное здравоохранение – 2023», проходившего в конце прошлого года, президент Российской Федерации акцентировал внимание на необходимости дальнейшего укрепления здоровья жителей государства. В реализации указанной проблемы важными вопросами продолжают оставаться ранняя диагностика заболеваний, в том числе опухолей доброкачественного и злокачественного генеза, совершенствование маршрутизации пациентов и оказание качественной, высокоэффективной медицинской помощи.

Научно-практический интерес при лечении новообразований в оториноларингологии представляют доброкачественные опухоли и опухолеподобные образования, локализованные в лимфоэпителиальном глоточном кольце Пирогова – Вальдейера. В этом контексте одним из доброкачественных и редко встречающихся новообразований является лимфатическая мальформация (лимфангиома) небной миндалины. Чаще всего лимфангиомы локализируются в местах преобладающего развития лимфатических сосудов, например области дна полости рта, слюнные и околоушные железы, шеи и головы, вестибулярные отделы гортани и т.д. [1]. В то время как поражения небных миндалин единичны [2]. Важной особенностью лимфангиом, локализованных на небной миндалине, является их деструктирующий медленный рост со склонностью к изъязвлению стромы с частыми кровотечениями, вплоть до профузных, угрожающих жизни пациентов. Макроскопически лимфангиома выглядит в виде новообразования с экзофитным ростом на миндалине, не всегда имеющего четкие границы [3]. Размеры лимфангиомы могут варьировать и в зависимости от этого вызывать специфические симптомы, которые прежде всего связаны с раздражением слизистой оболочки ротоглотки и обструкцией дыхательных путей [4, 5]. Как правило, лимфангиоматозные новообразования миндалин имеют одностороннее расположение, хотя в литературе имеются сообщения о двусторонней локализации на миндалинах [6]. В сложном патогенетическом механизме формирования лимфангиомы принимают непосредственное участие пролиферативные процессы лимфатических сосудов, проходящих в небных миндалинах. Описывая доброкачественные новообразования небных миндалин, авторы часто представляют их под различной

номенклатурой: лимфангиоматозный полип, ангиома, полипоидная лимфангиома, пальмовые миндалины, гамартома, что затрудняет получение истинных сведений частоты встречаемости лимфангиомы небных миндалин [7]. Эпидемиологические сведения встречаемости в различных регионах и странах относительно скудны, имеются единичные сведения: например, по данным англоязычной литературы на конец 2013 г. было описано всего 32 случая заболевания лимфангиомой небных миндалин. Средний возраст пациентов на момент обращения составил примерно 25 лет [8]. Встречаемость лимфангиом небных миндалин по гендерному признаку наблюдается одинаково как у мужчин, так и у женщин.

Этиология и предрасположенность к формированию лимфангиом на небных миндалинах в настоящее время недостаточно изучена и отдельные гипотезы являются спорными. Считается, что лимфангиома небных миндалин – это в основном врожденное заболевание. Примерно 50% патологий проявляются при рождении, а 80–90% диагностируется в течение первых двадцати лет жизни. Как правило, лимфангиома небных миндалин считается доброкачественным новообразованием и не имеет тенденции к озлокачествлению [9]. Существуют различные теории возникновения лимфангиомы. По мнению некоторых авторов, последняя возникает в результате мальформации лимфатической системы (дефекта строения сосудов в процессе эмбрио- и васкулогенеза). Другие считают, что лимфангиома образуется в результате активации опухолевого процесса [10]. По характеру роста лимфангиомы могут иметь различные формы, от имеющих ножки до шарообразных с гладкой поверхностью, без шероховатостей [11, 12]. Отсутствие классификационных критериев сосудистых аномалий для правильной постановки диагноза и отдельные критические замечания исследователей привели к длительным дискуссиям и появлению клинических рекомендаций. Так в клинических рекомендациях Международного общества по изучению сосудистых аномалий (International Society for the Study Vascular Malformation – ISSVA) все аномальные сосудистые изменения, от опасных для жизни образований до простого «родимого пятна», представляют собой спектр расстройств [13]. Как отмечено в указанных рекомендациях, часто пациентам с сосудистыми аномалиями выставляются неправильные диагнозы, что в свою очередь приводит к неадекватному лечению пациентов и требует привлечения смежных специалистов. Исто-

ды из этого отмечено, что одной из перво-степенных задач ISSVA должно быть достижение унифицированной классификации. Отмечено, что последняя классификация (1997) была построена на разделении двух составляющих сосудистых поражений, к первым были отнесены мальформации сосудов, а во вторую вошли пролиферативные поражения сосудов (опухоли). Критический анализ показал наличие неучтенных нозологических единиц, например лимфатической, венозной или капиллярной мальформации и др. Исходя из этого сотрудниками ISSVA предложена и используется официальная, обновленная классификация сосудистых аномалий, согласно которой гемангиомы относятся к сосудистым опухолям и делятся на следующие виды: младенческую; врожденную; веретенчатую; эпителиоидную; дольчатую капиллярную; шпоровидную; микровенулярную; анастомозирующую; гломерулоидную; сопочковую; приобретенную эластозную; литорально клеточную селезенки; внутримышечную; синусоидальную.

К настоящему времени достаточно хорошо изучены иммунологические аспекты и морфологические характеристики лимфангиом небных миндалин [14]. По морфологическим признакам выделяют три типа лимфангиом. Первый тип – капиллярные или простые лимфангиомы, они образуются из тонкостенных лимфатических сосудов и располагаются на поверхности кожи. По частоте встречаемости капиллярные гемангиомы занимают лидирующее место. Реже встречаются кавернозные лимфангиомы, которые представляют собой подкожные образования и отличаются от капиллярных большим размером. И третий тип – это кистозные лимфангиомы, состоят из расширенных кистозных лимфатических узлов и обычно локализуются на шее. Для клиницистов не представляет собой сложности различить между собой три типа лимфангиом, и следует рассматривать их как единое понятие, так как они представляют собой один и тот же патологический процесс по всему диапазону заболеваний. Иногда при определении характера развития лимфангиомы и его инвазивности врачи часто используют предложенную В.Ф. Антониным и У.Л. Лутфуллаевым классификацию гемангиом (2007), основу которой составляет деление новообразования на локализацию, отделы и фрагменты. Классификация представлена в виде четырех стадий. Наиболее удобной и позволяющей выбрать оптимальный и прогнозируемый метод лечения считается классификация, построенная на определении размеров лимфангиомы:

макрокистозная лимфангиома – размер более 5 см и микрокистозная лимфангиома – размер менее 5 см.

Важной особенностью лимфангиом с тонзиллярной локализацией является отсутствие характерной симптоматики. Заболевание может протекать бессимптомно, особенно на ранних стадиях и при небольших размерах лимфангиомы. Наиболее часто они обнаруживаются случайным образом при физикальном осмотре и диагностических обследованиях, а также после тонзилэктомии [15, 16]. По мере роста клиническая симптоматика нарастает из-за сдавления близрасположенных органов, нарушения их функции. Ранними и настораживающими симптомами являются беспокоящее затруднение глотания, боль и ощущение инородного тела в горле, которые могут вызывать приступы непродуктивного кашля. Приобретая большие размеры, опухоль может сдавливать окружающие структуры и вызвать затруднение дыхания, стридор и тошноту [17, 18].

Дополнительные методы диагностики ограничиваются неинвазивными исследованиями: УЗИ, КТ, МРТ, рентгенография и т.д. Чаще всего бывает достаточно ультразвуковых методов исследования для предварительной верификации лимфангиомы (лимфатической и лимфовенозной мальформаций), но в принятии решения о предстоящем объеме оперативного вмешательства важным для визуализации патологических тканей остается МРТ. В некоторых случаях для выявления лимфангиом (лимфатической и лимфовенозной мальформациями) в других анатомических зонах прибегают к комплексному обследованию пациента, в которое помимо исследования свертывающей системы крови и УЗИ входят МРТ тканей головы и шеи (в том числе с контрастным усилением), УЗДГ сосудов шеи, головы, лица и т.д. [19, 20].

Дифференциальный диагноз проводят с плоскоклеточной папилломой, эпидермальной кистой, ювенильной ангиофибромой, гемангиомой, фиброэпителиальным полипом, фибромой, фиброксантомой, липомой, аденомой и хондромой. Из этих доброкачественных образований наиболее распространенной является плоскоклеточная папиллома, которая представляет собой разрастание поверхностного эпителия без вовлечения нижележащей стромы и с отсутствием лимфатических и лимфоцитарных компонентов [21]. Очень важно при постановке диагноза гистологическое исследование, которое позволит подтвердить и установить правильный диагноз. Основным выбором тактики лечения при лимфангиоме небных мин-

далин является хирургическое иссечение. О случаях рецидива и злокачественной трансформации после полной резекции новообразования не сообщалось [22].

Описание клинического случая

В поликлинику Санкт-Петербургского научно-исследовательского института уха, горла, носа и речи обратился мужчина Е., 35 лет, с жалобами на новообразование на правой небной миндалине, дискомфорт в горле при глотании. Из анамнеза выяснено, что с указанным новообразованием пациент наблюдается у оториноларинголога по месту жительства в течение восьми лет. В течении указанного времени никакого лечения не принимал. Пять лет назад была выполнена биопсия новообразования, получен гистологический ответ с описанием очаговой лейкоцитарной инфильтрации в микропрепаратах, подготовленных из представленных фрагментов миндалины. В связи с ростом образования, доставляющим значительный дискомфорт, пациент 11 июня 2024 г. обратился в Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи.

Объективный статус

На момент осмотра пациент в сознании, адекватен, активен, в контакт вступает легко, ориентирован. Видимые слизистые оболочки и кожные покровы обычной физиологической окраски без признаков воспаления, периферических отеков нет. Фискальное обследование и показатели общеклинических анализов и лабораторных исследований в пределах нормальных физиологических значений. Наследственный и аллергологический анамнез не отягощены. Осмотр наружного носа – форма наружного носа правильная, контуры симметричны, пальпация и перкуссия проекции околоносовых пазух безболезненна, признаков воспаления кожных покровов не выявлено, дыхание через нос свободное. Риноскопия – слизистая оболочка полости носа влажная, розового цвета. Носовые раковины немного увеличены в объеме, адреналиновый тест положительный. Имеется незначительная деформация перегородки носа в виде S-образного искривления четырехугольного хряща, но при этом общие носовые ходы свободные, широкие, патологического отделяемого и дизосмии нет. Фарингоскопия – зубы saniрованы, открывание рта широкое, свободное. Слизистая оболочка преддверия полости рта розовая, влажная. Мягкое небо подвижно, симметрично. Из верхнего полюса правой небной миндалины на ножке определяется

образование розового цвета, с гладкой поверхностью, правильной формы, плотной консистенции, размерами 7 × 3 см. Небные миндалины увеличены (1 степень), рыхлые, в лакунах пробки. Задняя стенка глотки розовая, влажная, налетов нет. Ото- и ларингоскопия без особенностей.

Пациенту выставлен предварительный диагноз: образование гортаноглотки, лимфангиома правой небной миндалины «под вопросом». Выбрана тактика хирургического лечения. Согласие пациента получено, необходимые юридические документы подписаны. Спустя два дня после получения результатов общеклинических исследований и лабораторных анализов пациенту произведено хирургическое удаление новообразования. Операция выполнена в условиях многокомпонентной анестезии с интубацией трахеи. Пациенту установлен ротаторасширитель и выполнен разрез по переходной складке передней небной дужке справа. Миндалина с новообразованием выделена тупым путем экстракапсулярно. Проведен гемостаз. Выполнен разрез по переходной складке передней небной дужки слева. Миндалина выделена тупым путем экстракапсулярно. Гемостаз. Кровотечения нет. Операция без осложнений. Общая кровопотеря составила около 100 мл. Через один день пациент отпущен домой под наблюдение врачом-оториноларингологом по месту жительства.

На рис. 1 представлен макропрепарат удаленного фрагмента небной миндалины с новообразованием, который был направлен на гистологическое исследование, спустя восемь дней получен ответ с подтверждением диагноза.



Рис. 1. Макропрепарат удаленной правой небной миндалины размером 7×3 см с полиповидным новообразованием, длиной 2,3 см, толщиной 1,5 см

Послеоперационный период проходил без особенностей, кровотечения не наблюдалось. Пациент через день отпущен домой.

Результаты гистологического исследования

Выраженный хронический тонзиллит без экссудативного обострения, с выраженной реактивной гиперплазией лимфоидной ткани. Лимфангиома правой небной миндалины. На рис. 2 представлен гистологический препарат фрагмента миндалины.

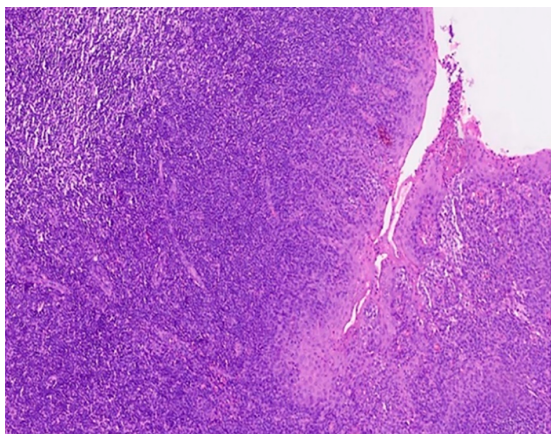
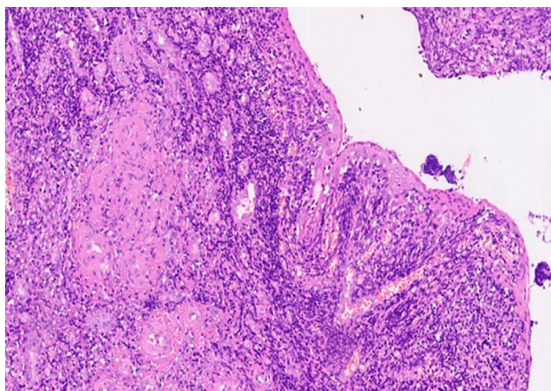


Рис. 2. Гистологический препарат лимфангиомы небной миндалины (гематоксилин-эозин, x40)



*Рис. 3. Гистологический препарат полиповидного образования небной миндалины (гематоксилин-эозин, x40)
Отчетливо наблюдается большое количество анастомозирующих разнокалиберных расширенных сосудов лимфатического типа*

На представленном микроскопическом препарате четко прослеживается многослойный плоский и цилиндрический эпителий с распространенной выраженной инфильтрацией лимфоцитами и немногочисленными нейтрофилами, с наложениями небольшого количества клеточно-лейкоци-

тарного детрита. Лимфоидная ткань с очагами формирования грануляционной ткани разных сроков, лимфоидные фолликулы с признаками выраженной гиперплазии. Атипии не наблюдается. Представленная гистологическая картина свидетельствует о длительности заболевания.

На рис. 3 представлен гистологический препарат фрагмента полиповидного образования, отчетливо покрытого многослойным плоским эпителием с лимфоидной тканью у основания, с фиброзной стромой.

Контрольный осмотр через 21 день и спустя 4 месяца не выявил никаких патологических изменений. Полученный результат и ключевые аспекты диагностики новообразований лимфоидного кольца, методы лечения входят в рабочие образовательные программы и преподаются на курсах повышения квалификации врачей [23].

Заключение

Представленный клинический случай демонстрирует редкую локализацию лимфангиомы в области небной миндалины у 35-летнего мужчины. Хотя это заболевание встречается редко и считается врожденным, не исключается его диагностика и дифференциальная диагностика в более старшем возрасте. Для постановки правильного диагноза золотым стандартом является гистологическое исследование. Широкое хирургическое иссечение с тонзиллэктомией способствует отличному прогнозу и отсутствию рецидивов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Goulioumis A., Gkorpa M., Kekempanou K., Kourelis K. Hamartomatous polyp of the palatine tonsil: histological considerations and review of the literature // BMJ Case Reports. 2023. Vol. 16, Is. 5. URL: <https://casereports.bmj.com/content/16/5/e254536.long> (дата обращения: 02.11.2024). DOI: 10.1136/bcr-2022-254536.
2. Lu R., Chen X., Yin S., Li Z. Fibroangiolipoma of palatine tonsil: A case report and literature review // Ear Nose Throat J. 2024. Vol. 103, Is. 9. P. 527–530. DOI: 10.1177/01455613211072587.
3. Cukic O., Jovanovic M.B. Large Fibroepithelial Polyp of the Palatine Tonsil // Ear Nose Throat J. 2020. Vol. 99, Is. 4. P. 247–248. DOI: 10.1177/0145561319841203.
4. Sayar H., Sayar Ç., Adamhasan F., Uğuz A. Lymphangioma of Tonsil: A Case Report // Turk Patoloji Derg. 2016. Vol. 32, Is. 2. P. 119–121. DOI: 10.5146/tjpath.2014.01237.
5. Giri R., Dasnayak G., Raman S., Senapati U. Primary lymphangioma of palatine tonsil // Journal of Oral and Maxillofacial Pathology. 2021. Vol. 25, Suppl. 1. P. S81–S83. DOI: 10.4103/jomfp.JOMFP_203_20.
6. Boon C.G., Wan Nor Amilah W.A.W., Sharifah E.T.S., Norhafza M.L., Irfan M. Bilateral tonsillar lymphangiomatous polyps in a snoring child // Pediatrics i Medycyna Rodzinna. 2017. Vol. 13, Is. 3. P. 419–422. DOI: 10.15557/PiMR.2017.0046.
7. Do Amaral-Silva G.K., Ribeiro-Brizola J., Santos Á.A., Cieslak-Sanches S.R., Chicrala G.M., Gaetti-Jardim E.C., An-

- tunes D.M. Hamartomatous Polyp of the Palatine Tonsil: A Case Report and Critical Literature Review // *Head and Neck Pathology*. 2023. Vol. 17, Is. 2. P. 502–508. DOI: 10.1007/s12105-023-01529-x.
8. Mardekian S., Karp J.K. Lymphangioma of the palatine tonsil // *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*. 2013. Vol. 137, Is. 12. P. 1837–1842. DOI: 10.5858/arpa.2012-0678-RS.
9. Min H.J., Kim K.S. Lymphangiomatous Polyp Arising From the Palatine Tonsil // *Ear, Nose, & Throat Journal*. 2021. Vol. 100, Is. 3. P. 154–155. DOI: 10.1177/0145561319863367.
10. Marini K., Garefis K., Skliris J.P., Peltekis G., Astreindou A., Florou V. Fibroepithelial polyp of palatine tonsil: a case report // *Pan Afr Med J*. 2021, Is. 27. P. 39–276. DOI: 10.11604/pamj.2021.39.276.31057.
11. Khatib Y., Gite V., Patel R., Shoeb M., Oraon A. Lymphangiomatous Polyp of Palatine Tonsil in A Child Presenting with Dysphagia and Dysarthria // *J Clin Diagn Res*. 2015. Vol. 9, Is. 5. P. 01–12. DOI: 10.7860/JCDR/2015/11296.5877.
12. Telugu R.B., Ashish G. Fibroepithelial Polyp of the Tonsil: Report of a Rare Case // *J Clin Diagn Res*. 2015. Vol. 9, Is. 12. P. 17–28. DOI: 10.7860/JCDR/2015/15080.6950.
13. Wassef M., Blei F., Adams D., Alomari A., Baselga E., Berenstein A., Burrows P., Frieden I.J., Garzon M.C., Lopez-Gutierrez J.C., Lord D.J., Mitchel S., Powell J., Prendiville J., Vikkula M. Vascular Anomalies Classification: Recommendations From the International Society for the Study of Vascular Anomalies // *Pediatrics*. 2015. Vol. 136, Is. 1. P. 203–214. DOI: 10.1542/peds.2014-3673.
14. Barreto I., Costa A.F., Martins M.T., Furuse C., de Araújo V.C., Altemani A. Immunohistochemical study of stromal and vascular components of tonsillar polyps: high endothelial venules as participants of the polyp's lymphoid tissue // *Virchows Archiv*. 2011. Vol. 459, Is. 1. P. 65–71. DOI: 10.1007/s00428-011-1088-8.
15. Singh M., Mundi D.K., Kaur I., Kaur A. Hamartomatous polyp of the tonsil: A case report // *Niger J Clin Pract*. 2017. Vol. 20, Is. 6. P. 774–776. DOI: 10.4103/njcp.njcp_338_16.
16. Cuestas G., Maidana Roa M.A., García de Dávila M.T. Lymphangioma of the palatine tonsil // *Anales de Pediatría*. 2023. Vol. 99, Is. 5. P. 358–359. DOI: 10.1016/j.anpede.2023.09.010.
17. Gunbey E., Günbey H.P., Dölek Y., Karabulut Y.Y. A rare cause of dysphagia in children: lymphangiomatous polyp of the palatine tonsil // *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2014. Vol. 25, Is. 4. P. 346–348. DOI: 10.1097/SCS.0000000000000773.
18. Asher N.Y., Asher M. Unilateral Pedunculated Lymphangiectatic Fibrolipomatous Polyp of the Palatine Tonsil: A Rare Case // *Turk Arch Otorhinolaryngol*. 2017. Vol. 55, Is. 2. P. 91–94. DOI: 10.5152/tao.2017.2323.
19. Morán-Mariños C., Nieto-Gutierrez W., Pacheco-Mendoza J. Atypical lymphangioma and hyperkeratosis in a patient with morbid obesity // *Anais Brasileiros de Dermatologia*. 2020. Vol. 95, Is. 4. P. 477–479. DOI: 10.1016/j.abd.2019.11.008.
20. Gan W., Xiang Y., He X., Feng Y., Yang H., Liu H., Liu S., Meng J. A CARE-compliant article: Lymphangiomatous polyps of the palatine tonsils in a miner: A case report // *Medicine (Baltimore)*. 2019. Vol. 98, Is. 1. P.140–148. DOI: 10.1097/MD.00000000000014009.
21. Iliadou E., Papapetropoulos N., Karamatzanis E., Saravakos P., Saravakos K. Primary Lymphangioma of the Palatine Tonsil in a 9-Year-Old Boy: A Case Presentation and Literature Review // *Case Reports in Otolaryngology*. 2016. Vol. 2016. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/1505202> (дата обращения: 02.11.2024). DOI: 10.1155/2016/1505202.
22. Булышко С.А., Денисова О.А., Ковалец Е.С., Кисляков А.Н., Полуниин М.М., Солдатский Ю.Л., Богомильский М.Р. Наблюдение двух случаев двусторонних лимфангиоматозных полипов небных миндалин у детей // *Вестник оториноларингологии*. 2019. Т. 84, № 5. С. 73–75. DOI: 10.17116/otorino20198405173.
23. Коркмазов М.Ю., Зырянова К.С., Дубинец И.Д., Корнова Н.В. Оптимизация педагогического процесса на кафедре оториноларингологии // *Вестник оториноларингологии*. 2014. № 1. С. 82–85.

МЕТОД РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПОЛОГИИ МАРКОВСКИХ ГРАФОВ И ДЕРЕВА ОТКАЗОВ

¹Морозов В.Б., ²Морозова М.А.

¹АО «Атомэнергoproject», Москва, e-mail: morozov_vb@aep.ru;

²ФГБОУ «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана», Москва, e-mail: mar@bmstu.ru

Динамические модели надежности систем на основе марковских графов применяются в случаях, когда отсутствует возможность описания множества состояний, принимаемых системой в виде значений логической функции работоспособности, аргументами которой являются независимые двоичные переменные, обозначающие состояния элементов. Ввиду большой размерности моделей систем, представленных такими графами, показатели надежности систем часто вычисляются на основе асимптотических соотношений. Цель настоящего исследования состоит в развитии этого подхода на основе применения методов анализа топологии вложенных марковских цепей, что по сравнению с матричными операциями является более эффективным средством, понижающим объемы вычислений. В статье на примере решения одной из типовых для марковских моделей задач оценки вероятности безотказной работы комплекса изделий с учетом ограниченного комплекта запасных частей описан метод, позволяющий получить асимптотическую оценку вероятности безотказной работы системы на основе нахождения путей и петель вложенной цепи графа. Для автоматизации процедуры поиска предложено использовать стандартное программное обеспечение, реализующее методы анализа дерева отказов и схем структурно-функциональной целостности. В статье представлены результаты исследования и обсуждены особенности применения предлагаемых методов.

Ключевые слова: модель надежности, марковский граф, логическая функция работоспособности, вероятность безотказной работы, топология марковской цепи, дерево отказов

METHOD FOR CALCULATING THE RELIABILITY OF COMPLEX SYSTEMS USING MARKOV GRAPH TOPOLOGY AND FAULT TREE

¹Morozov V.B., ²Morozova M.A.

¹JSC "Ftomenergoproekt", Moscow, e-mail: morozov_vb@aep.ru;

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: mar@bmstu.ru

The dynamic models of system reliability based on Markov graphs are used in cases were describing the set of states of the system in the form of values of the logical performance function, the arguments of which are independent binary variables, representing the states of components is no possible. Due to the large dimension of system models represented by such graphs, system reliability indicators are often calculated based on asymptotic relations. The purpose of this study is to develop this approach based on the application of constrained Markov chain topology analysis methods, which is a more efficient means of reducing the number of computations compared to matrix operation methods. The paper describes an approach that using the example of solving one of the typical Markov model tasks of assessing reliability of a set of components considering a limited number of spare parts allows us to obtain an asymptotic estimate of the probability of failure-free operation of a system based on finding paths and loops in a graph. To formalize the search procedure, it is proposed to use standard software implementing methods of fault tree analysis and structural-functional integrity schemes. The paper formulates the results of the study and discusses the specific features of the application of the proposed methods.

Keywords: reliability model, Markov graph, operability logic function, probability of failure-free operation, Markov chain topology, fault tree

Введение

Особенностью логико-вероятностных моделей надежности сложных систем при использовании метода дерева отказов является принимаемое допущение о возможности описать состояния, принимаемые системой при эксплуатации, в виде значений функции алгебры логики (ФАЛ), аргументами которой являются независимые логические переменные, отображающие состояния ее компонентов. Такая ФАЛ в классической монографии [1] получила название функции работоспособности системы.

Если переход между состояниями системы меняет условия функционирования элементов, формируя зависимости, используются динамические модели надежности (например, в виде марковских графов), в которых наряду с отказами компонентов учитываются другие факторы. Особенности функционирования системы в этом случае отображены в переходах между состояниями, которые являются основой моделей. Ввиду, как правило, большой размерности моделей, представленных марковскими графами, прямые методы анализа, использующие операции

над матрицами интенсивностей переходов, требуют большого объема вычислений.

Цель исследования состоит в развитии подхода, использующего асимптотические соотношения для оценок показателей надежности, получаемые на основе анализа топологии вложенных марковских цепей, что по сравнению с прямыми операциями над матрицами интенсивностей переходов является более эффективным инструментом, понижающим объемы вычислений.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим простой пример. Пусть имеется комплекс из трех однотипных резервированных изделий (компонентов комплекса), который теряет работоспособность при отказе всех компонентов. При этом на объекте имеется также пополняемый в процессе эксплуатации комплект запасных частей (ЗИП) в количестве одной единицы изделия. При наличии изделия в составе ЗИП в текущий момент времени, отказавший компонент может быть быстро восстановлен, при этом интенсивность восстановления равна μ_1 . Если ЗИП исчерпан, он пополняется с интенсивностью $\mu_2 < \mu_1$. В этом примере имеет место зависимость поведения компонентов системы от наличия ЗИП. Модель надежности такого комплекса изделий можно представить в виде графа марковского процесса с конечным числом состояний (рис. 1). Задача состоит в оценке вероятности безотказной работы (ВБР) системы.

Начальным состоянием графа является левое нижнее состояние, обозначаемое парой чисел $\{0,0\}$. В этом и других состояниях первое число соответствует текущему количеству отказавших компонентов. Второе число в паре обозначает количество элементов ЗИП, использованных в составе системы, по условию задачи оно не превышает 1. Неработоспособное состояние системы обозначено буквой F . Интенсивности переходов между состояниями вследствие отказов компонентов обозначены соответственно λ , 2λ , 3λ . В такой модели системы число состоя-

ний равно семи, однако, если необходимо рассмотреть ЗИП в количестве k единиц, в модели потребуется число состояний, равное $3 \cdot (k+1) + 1$. Таким образом, применение методов решения подобных задач на практике часто приводит к необходимости построения и анализов графов и матриц интенсивностей переходов большой размерности, что затрудняет вычисления и вызывает дополнительные вопросы оценки точности результатов расчета, усложняет их интерпретацию и анализ основных вкладчиков.

Другой подход к решению подобных задач предполагает, что отношения λ/μ_1 и λ/μ_2 малы, что выполняется на практике. При данных допущениях ВБР системы асимптотически удовлетворяет экспоненциальному закону, параметр которого может быть вычислен на основе анализа топологии графа и значений вероятностей переходов, составляющих его пути и петли.

Из теории известен ряд приближенных формул для расчета ВБР системы с восстанавливаемыми элементами, основанных на асимптотической теории, например:

$$K_r = \sum_{i \in U} p_i;$$

$$W = \sum_{i \in U} \sum_{k \in U} \lambda_{ki} p_k;$$

$$P(t) = \exp\left(-\frac{W}{K_r} t\right), \quad (1)$$

где Ω – множество работоспособных состояний системы K_r – стационарный коэффициент готовности, W – стационарный параметр потока отказов, $P(t)$ – вероятность безотказной работы, p_i – стационарные значения вероятностей состояний процесса, описываемого марковским графом. Формула (1) хорошо аппроксимирует значение ВБР системы с восстанавливаемыми элементами при обозначенных выше условиях. Однако можно получить более точную асимптотическую оценку ВБР.

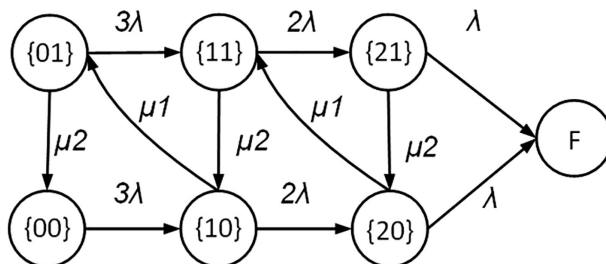


Рис. 1. Граф для задачи оценки ВБР с учетом ЗИП
Источник: составлено автором

Обозначим q_{ij} – вероятности переходов вложенной цепи между состояниями i и j за один шаг, π_{iF} – результирующие вероятности переходов из состояния i в F , обозначим S_i – среднее время перехода из состояния i в любое из состояний, завершающих цикл (F или 0). π_{0F} и S_0 представляют, соответственно, вероятность отказа за один цикл, то есть период времени от $t = 0$ до момента отказа или возврата в начальное состояние, и среднее время цикла.

Оценка ВБР системы при малом π_{0F} вычисляется [2, с. 56] по формуле

$$P(t) = \exp\left(-\frac{\pi_{0F}}{S_0} t\right). \quad (2)$$

Имеется также нижняя оценка ВБР, справедливая в более широких условиях (не предполагающих малость π_{0F}) [2, с. 58]:

$$P(t) = \exp\left(\frac{\ln(1 - \pi_{0F})}{S_0} t\right). \quad (3)$$

Вычислить входящие в (2), (3) параметры можно, используя метод анализа топологии вложенных цепей. Для введенных выше величин справедливы системы уравнений:

$$\pi_{jF} = q_{jF} + \sum_{k \neq j} q_{jk} \pi_{kF}, \quad (4)$$

$$S_j = \tau_j + \sum_{k \neq j} q_{jk} S_k, \quad (5)$$

где τ_j представляет собой среднее время нахождения процесса в состоянии j .

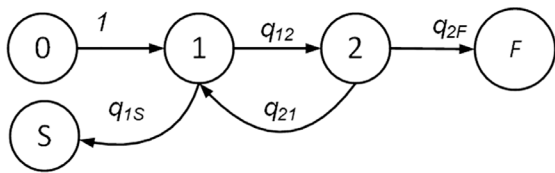


Рис. 2. Пример разомкнутого графа
Источник: составлено автором

Чтобы найти общее решение, вначале рассмотрим простую цепь с разомкнутой петлей возврата в начальное состояние (фиксирование начального состояния экви-

валентно размыканию его возвратной петли) (рис. 2).

При таком условии другие состояния не влияют на формирование вероятности состояния 0 , так как возврат в него невозможен.

Решая системы (4) и (5), в итоге получим (с учетом $q_{01} = 1$):

$$\pi_{0F} = \frac{q_{01} q_{12} q_{2F}}{1 - q_{12} q_{21}};$$

$$S_0 = \frac{\tau_0 (1 - q_{12} q_{21}) + q_{01} \tau_1 + q_{01} q_{12} \tau_2}{1 - q_{12} q_{21}}. \quad (6)$$

Вычитаемое в знаменателе представляет вероятность единственной петли цепи (между состояниями 1 и 2). Структура левой и правой частей (6) аналогична, если учесть, что для вычисления S_0 необходимо π_{jF} заменить на S_j , и добавить вектор свободных членов τ_j .

Обобщением (6) на произвольный случай являются классические формулы, полученные Мэзоном [3]. Обозначим все прямые пути (то есть пути, не содержащие петель) из вершины 0 в вершину F $\alpha_j = \{0, i, \dots, m, k, F\}_j$, $j = 1, 2, \dots, N$, а все петли $\beta_j = \{i, l, \dots, m, k, i\}_j$, $j = 1, 2, \dots, M$.

Определим вероятности путей и петель как произведения соответствующих вероятностей перехода:

$$Q(\alpha_j) = q_{0i} \dots q_{mk} q_{kF} \quad Q(\beta_j) = q_{il} \dots q_{mk} q_{ki}.$$

В [3] показано, что в общем случае решение для вероятности перехода из начального состояния (начальной вершины) цепи в состояние отказа дается формулой

$$\pi_{0F} = \frac{\sum_{j=1}^N Q(\alpha_j) \Delta_j}{\Delta}. \quad (7)$$

При этом определитель графа Δ представлен знакопеременной формулой (8).

Каждое из слагаемых в (7), начиная со второго, содержит произведения вероятностей пар, троек и других комбинаций непересекающихся петель. Алгебраическое дополнение Δ_j для j -го пути представляет собой определитель графа, получаемого из исходного удалением вершин, лежащих на этом пути.

$$\Delta = 1 - \sum_{j=1}^M Q(\beta_j) + \sum_{\beta_j \cap \beta_k = \emptyset} Q(\beta_j) Q(\beta_k) - \sum_{\beta_j \cap \beta_k \cap \beta_m = \emptyset} Q(\beta_j) Q(\beta_k) Q(\beta_m) + \dots \quad (8)$$

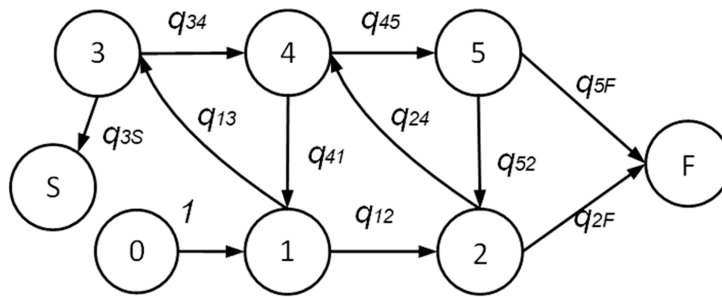


Рис. 3. Граф вложенной цепи переходов для решения задачи
Источник: составлено автором

Если вернуться к (6), видно, что в числителе левой формулы записана вероятность прямого пути из 0 в F , а в числителе правой – произведения вероятностей прямых путей из $i = 0$ в $j = 0, 1, 2$ и τ_j . Кроме того, в первом слагаемом присутствует множитель $\Delta_{00} = 1 - q_{12} q_{21}$, представляющий алгебраическое дополнение для начальной вершины (он равен определителю графа). Для путей из начальной в другие

вершины $\Delta_{0j} = 1$, так как вершины, входящие в петлю, присутствуют в каждом из путей. Преобразовав исходный граф на рис. 1 во вложенную цепь и перенумеровав для удобства вершины, получим граф на рис. 3.

Граф содержит 3 петли и 4 прямых пути из начальной вершины в F . Поэтому для данного графа по аналогии с предыдущим примером запишем решение:

$$\pi_{0F} = \frac{q_{12} q_{2F} + q_{12} q_{24} q_{45} q_{5F} + q_{13} q_{34} q_{45} q_{5F} + q_{13} q_{34} q_{45} q_{52} q_{2F}}{1 - q_{13} q_{34} q_{41} - q_{12} q_{24} q_{41} - q_{24} q_{45} q_{52}}. \quad (9)$$

Пути являются взаимоисключающими последовательностями событий. Например, первый и второй пути содержат два несовместных события с переходами из состояния 2, и т.д. Формула, аналогичная (9), может быть легко получена также и для S_0 .

Выше рассмотрены асимптотические методы анализа на основе вычисления вероятностей переходов, позволяющие заменить матричные вычисления анализом топологии графа вложенной цепи. Данный расчетный метод является более экономным в отношении объема вычислений (на графе имеется 7 путей и петель, в то время как размерность матрицы интенсивностей переходов исходного графа составляет 7×7). В данном примере это несущественно, однако для больших моделей необходим машинный анализ.

Ниже эти идеи развиваются в направлении применения для анализа вложенных марковских цепей традиционных подходов, базирующихся на методах анализа деревьев отказов (ДО). Для иллюстрации описываемого приема преобразуем граф на рис. 3 в форму традиционного дерева отказов, представленного на рис. 4.

На рисунке введены следующие обозначения: TR## с подчиненным оператором «И» обозначает условие перехода между

состояниями системы, причем исходное состояние указывается в идентификаторе первым номером, а последующее состояние – вторым номером; базисные события ## обозначают переход, соответствующий дугам графа на рис. 3. Кроме указанных выше операторов TR## и базисных событий на ДО присутствуют также операторы «И» и «ИЛИ» (с идентификатором TR#, обозначающие условие нахождения графа в каком-то одном из его состояний. Заметим, что ДО на рис. 4 имеет ряд существенных отличий от традиционных деревьев, реализующих ФАЛ, а именно:

- базисными (элементарными) событиями ДО являются переходы между состояниями графа, а не отказы элементов системы;
- ДО может содержать петли в виде циклических ссылок операторов, которые не следует разрывать до выполнения анализа ДО;

- минимальные сечения отказов (МСО), определяемые путем анализа марковских графов переходов, являются несовместными, так как они представляют собой разные пути из начального состояния в состояние отказа.

Поиск МСО и петель деревьев, подобных показанному на рис. 4, может выполняться различными методами, например с использованием алгоритма обхода дерева.

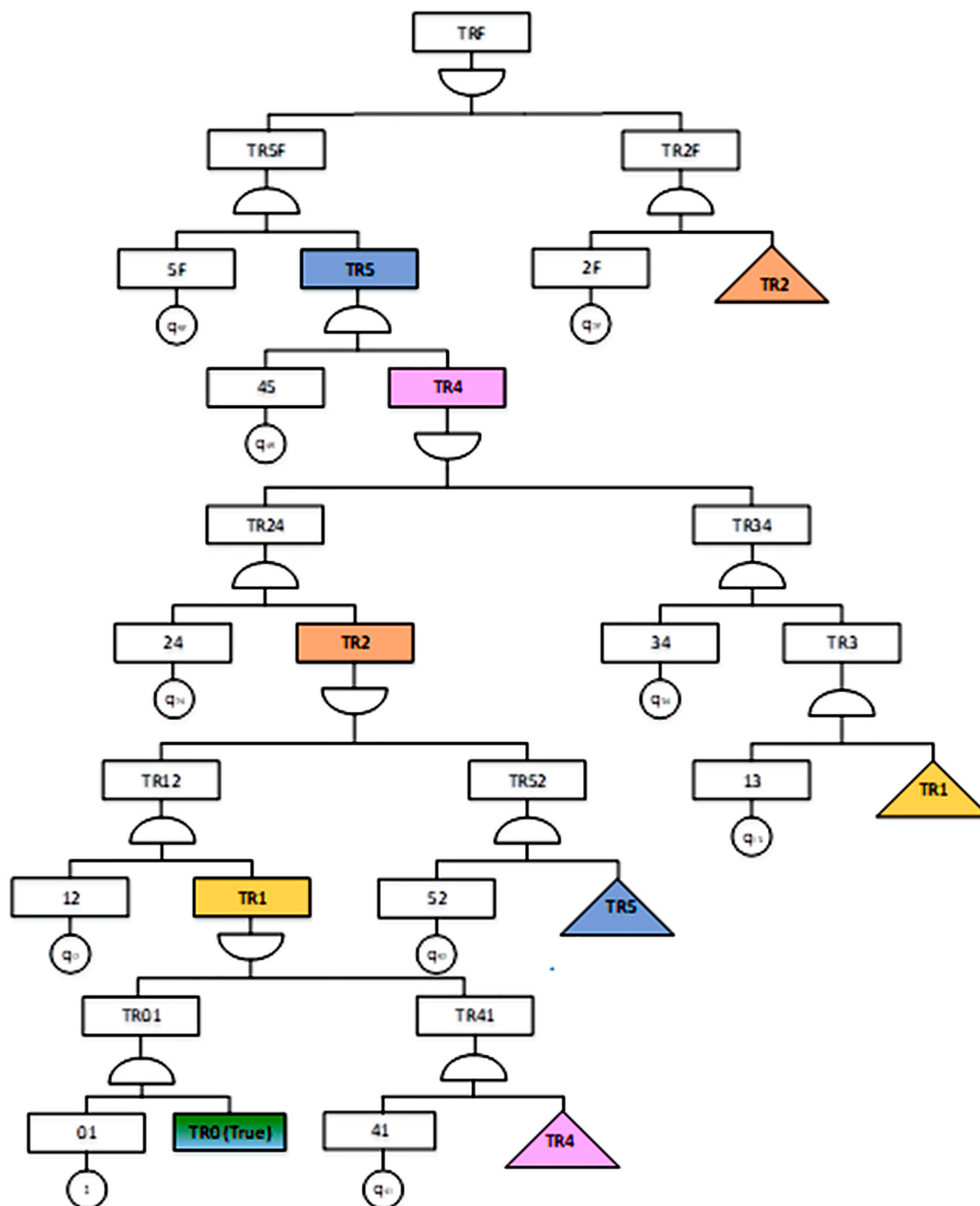


Рис. 4. Дерево отказов для анализируемого графа
Источник: составлено автором

Как уже отмечалось, последовательности событий, формирующие прямые пути к вершинному событию, в таких ДО несовместны, однако верно большее – каждый такой путь является минимальным, то есть не содержит в себе другие пути. Сечения, не являющиеся минимальными, при расчете учитываются в (8) за счет вероятностей петель.

Результаты исследования и их обсуждение

Преимущество применения для анализа цепи традиционного ДО (рис. 4) заключается в возможности привлечения стандартного программного обеспечения (ПО), выполняющего поиск МСО и петель. Рассмотрим подробнее способы анализа ДО, представленного на рис. 4.

В этом примере, в результате применения алгоритма обхода ДО слева, при первой итерации формируется путь, состоящий из базовых событий 5F, 45, 24, 12, 01. Соответственно, вероятность пути равна $q_{12} q_{24} q_{45} q_{5F}$. Следующая цепь получается заменой операнда в TR1, она заканчивается циклической ссылкой на оператор TR4, то есть формируется петля 24, 12, 41. Вероятность петли $q_{12} q_{24} q_{41}$. Процесс повторяется, пока не будут выявлены все пути и петли. Окончательный расчет ВБР системы при этом выполняется по формулам (6) и (7). Для графов большой размерности такой подход позволяет не только быстро выполнять расчеты, но также определять доминантные последовательности событий, определяющие результаты вычислений. При этом нет необходимости выполнять отбор МСО среди всех сечений.

Суммируя сказанное выше, можно заключить, что для систем, модели которых представлены в виде больших графов со сложной структурой, для получения оценок показателей надежности можно использовать российское ПО [4–6], реализующее метод дерева отказов. Необходимо отметить также, что марковский граф является прямым аналогом схемы функциональной целостности (СФЦ) [7], что позволяет для решения задач также использовать ПО, разработанное для анализа указанного вида моделей.

Кроме того, эвристически ясная процедура преобразования графа вложенной цепи в ДО, подобного показанному на рис. 4, либо в СФЦ позволяет написать скрипт, автоматизирующий данную конвертацию. Таким образом, трудоемкость процесса анализа фактически сводится к построению самой модели в виде марковского графа.

Заключение

В настоящей статье описан подход к анализу динамических моделей надежности сложных систем на основе марковских графов, позволяющий при приемлемой для практики точности оценок показателей надежности значительно понизить трудоемкость и объем вычислений, поскольку

для сложных систем с многочисленными компонентами проблема размерности моделей выходит на первый план. Метод основан на использовании асимптотических соотношений для показателей надежности, определяемых на основании результатов анализа топологии вложенных цепей графов. При этом для выполнения анализа может применяться стандартное ПО, использующее метод дерева отказов или схем СФЦ. Очевидно, что общих правил разработки таких моделей в силу разнообразия решаемых задач не существует. Вместе с тем для ряда задач, подобных описанной выше, построение моделей может быть автоматизировано. В этих конкретных случаях, независимо от сложности решаемой задачи, имеется возможность создания сквозного инструмента анализа.

Список литературы

1. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности / Пер. с англ. М.: Советское радио, 1969. 488 с.
2. Морозов В.Б. Совершенствование моделей и методов вероятностного анализа безопасности АЭС и их применение в практике проектирования и эксплуатации АЭС с реакторами ВВЭР: дис. ... докт. техн. наук. М., 2020. 283 с.
3. Мэзон С., Циммерман Г. Электронные цепи, сигналы и системы / Пер. с англ. М.: Изд. иностранной литературы, 1963. 620 с.
4. Абрамов Л.В., Бахметьев А.М., Былов И.А., Васюченко А.А. Разработка и верификация программного комплекса для вероятностного анализа безопасности ядерных установок проектного направления «Прорыв» // Известия вузов «Ядерная энергетика». 2016. № 1. С. 5–10.
5. Ершов Г.А., Губин А.С., Гулин В.В., Ермакович Ю.Л., Парфентьев М.А., Холодных П.В. Разработка и внедрение отечественных программ для ЭВМ по вероятностному анализу безопасности и мониторингу риска. Тезисы доклада на МНТК «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» (МНТК-2024). (Москва, 18–19 сентября 2024 г.). С. 276–277.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666014 «Безопасность и анализ риска систем (БАРС 3.0)» Дата регистрации в реестре программ для ЭВМ 06.10.2021.
7. Белов А.В., Горшков А.А., Ершов Г.А., Николаев И.А. Подход к моделированию многорежимных сложных технических систем с использованием логических констант в схемах функциональной целостности: Сборник докладов научно-технической конференции // Труды ВВМИУ. 2022. № 1 (44). С. 57–63.

МЕТОДИКА УНИФИКАЦИИ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ

Лелейкин С.С.

ОАНО ВО «Московский технологический институт», Москва, e-mail: ssoft@mail.ru

В данной статье автор предлагает ознакомиться с методикой унификации входных параметров для различного рода автоматизированных систем. Необходимость разработки данной методики обусловлена возможностью ее применения с целью снижения трудовых и финансовых затрат при разработке и внедрении автоматизированных систем и процессов автоматизации в целом. Данная методика успешно применяется автором для унификации входных параметров CI/CD DevOps пайплайнов для сборки и поставки программного обеспечения, но ввиду универсальности математических моделей может быть применена к любым системам автоматизации, имеющим входные параметры. Для исследования применялись математическое моделирование, теория множеств и диаграммы Венна. Результатом исследования является алгоритм, позволяющий унифицировать входные параметры. Исследование было проведено в полевых условиях на CI/CD DevOps пайплайнах сборки и поставки программного обеспечения действующей организации, занимающейся разработкой программного обеспечения, что дало исследованию твердую практическую основу. В статье автор приводит два гипотетических примера использования представленной методики: определение параметров машины для производства мороженого различных вкусов и форм и определение параметров простейшего DevOps пайплайна для сборки Java и Ruby приложений.

Ключевые слова: автоматизация, параметры, унификация, автоматизированная система, теория множеств, множества, математическое моделирование

METHODOLOGY FOR UNIFYING INPUT PARAMETERS FOR TYPICAL AUTOMATION TASKS

Leleykin S.S.

Moscow Technological Institute, Moscow, e-mail: ssoft@mail.ru

In this article, the author suggests to get acquainted with the methodology of unification of input parameters for various kinds of automated systems. The need to develop this technique is due to the possibility of its application in order to reduce labor and financial costs in the development and implementation of automated systems and automation processes in general. This technique is successfully used by the author to unify the input parameters of CI/CD DevOps pipelines for software assembly and delivery, but due to the versatility of mathematical models, it can be applied to any automation systems with input parameters. Mathematical modeling, set theory, and Venn diagrams were used for the study. The result of the research is an algorithm that makes it possible to unify the input parameters. The study was conducted in the field on CI/CD DevOps pipelines for the assembly and supply of software to an existing software development organization, which gave the study a solid practical basis. In the article, the author provides two hypothetical examples of using the presented methodology: determining the parameters of an ice cream machine of various flavors and shapes and determining the parameters of the simplest DevOps pipeline for building Java and Ruby applications.

Keywords: automation, parameters, unification, automated system, set theory, sets, mathematical modeling

Введение

В данной статье автор представляет разработанную им методику унификации входных параметров для различных автоматизированных систем.

Данная методика подразумевает анализ автоматизированной системы, выделение характеристик типовых и потенциально возможных случаев сценария работы, определение зависимости конечного результата от изменения выделенных характеристик, приведение собранных данных к строгой математической модели, обработка и получение результата в виде набора параметров, необходимого для функционирования данной автоматизированной системы в рамках выполнения сценариев, применяемых для достижения множества различных результатов без внесения изменений в конструктив/логику работы самой автоматизированной системы.

Ввиду того, что в данной статье подробно рассматривается блок «Параметры», изображенный на рис. 1 слева, он окрашен в серый цвет.

Цель работы – получить методику унификации входных параметров для различных систем автоматизации, вне зависимости от их типа и предназначения.

Материалы и методы исследования

Изначально исследования проводились автором в полевых условиях на CI/CD Dev Ops пайплайнах для сборки и поставки программного обеспечения [1]. После получения необходимых результатов и достижения определенных производственных успехов в унификации, автор решил уйти от конкретного случая и выработать абстрактную модель, применимую вне специфики текущих процессов.

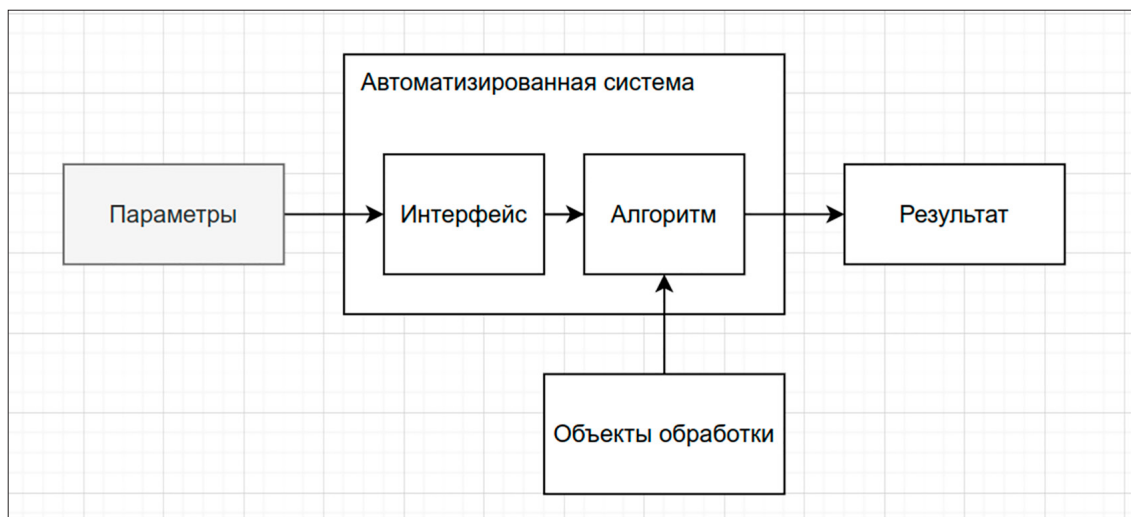


Рис. 1. Абстрактная блок-схема автоматизированной системы
В центре – автоматизированная система, она имеет интерфейс для приема параметров и алгоритм, используемый для обработки поступающих в нее объектов (блок «Объекты обработки» внизу на рисунке), справа изображен блок получаемого результата

В результате исследования было выявлено, что данный алгоритм полезен на этапе проектирования системы автоматизации, так как данный этап – самый низкзатратный в плане изменений как по трудовым ресурсам, так и по финансовым. Так же алгоритм можно применить к уже готовым автоматизированным системам с целью оптимизации и унификации исполняемых ей сценариев.

Ввиду универсальности математических моделей [2] представленная методика применима к любым системам автоматизации, имеющим входные параметры, будь то станок с ЧПУ, 3D принтер, DevOps пайплайн [1] или автомат для приготовления мороженого. Заходя немного вперед, стоит отметить, что как раз последний и будет использован как пример в данной статье.

Для исследования автором применялись математическое моделирование [2], теория множеств [3] и диаграммы Венна [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Результатом исследования является алгоритм, позволяющий унифицировать входные параметры. Для простоты изложения в качестве автоматизированной системы будет описан автомат для приготовления мороженого, а в качестве входных параметров – все ингредиенты и настройки, подаваемые аппаратом на вход.

Итак, непосредственно алгоритм:

1. Необходимо выделить множество типовых и потенциально возможных слу-

чаев сценария работы автоматизированной системы. В контексте автомата для приготовления мороженого это будут различные виды мороженого.

Типовые (встречаются часто, стандартные):

- 1) Пломбир сливочный в стаканчике, наливной.
- 2) Пломбир шоколадный с шоколадной посыпкой в рожке, наливной.
- 3) Пломбир клубничный в картонном контейнере, шариками.
- 4) Пломбир шоколадный в рожке, шариками.

Потенциально возможные случаи (добавлены автором как случаи крайнего отклонения от типовых, представленных выше):

- 5) Пломбир клубничный, на палочке.
- 6) Молочный коктейль из мороженого, в пластиковом стаканчике.
- 7) Различные шарики мороженого, в гонконгской вафле

2. Следующий шаг подразумевает определение набора пар характеристика – значение экземпляров типовых и потенциально возможных случаев сценария работы и назначение им уникальных идентификаторов. Для данной операции выполняется анализ возможных случаев и составляется список пар характеристика – значение, присущих как каждому экземпляру, так и всем экземплярам в целом.

Пары характеристика – значение, составленные для приведенного в первом шаге примера, отражены в табл. 1, где x_n – характеристика (потенциальный параметр), y_n – значение.

Таблица 1

Пары характеристика – значение сценариев работы автомата
для приготовления мороженого

Идентификатор	Характеристика (x _n)	Значение (y _n)
a	x1 = Тип	y1 = мороженое
b	x2 = Метод производства	y2 = охлаждение
c	x3 = Производство	y3 = автоматическое
d	x4 = Основа	y4 = молоко (пломбир)
e	x5 = Вкусовая добавка	y5 = шоколад
f	x5 = Вкусовая добавка	y6 = клубника
g	x6 = Тара	y7 = стаканчик
h	x6 = Тара	y8 = рожок
i	x6 = Тара	y9 = контейнер
j	x6 = Тара	y10 = палочка
k	x6 = Тара	y11 = вафля
l	x7 = Посыпка	y12 = шоколадная крошка
m	x8 = Форма выпуска	y13 = наливное мороженое
n	x8 = Форма выпуска	y14 = шарики
o	x8 = Форма выпуска	y15 = коктейль
p	x8 = Форма выпуска	y16 = брусок на палочке
q	x9 = Упаковка	y17 = бумажный пакет стандартный
r	x9 = Упаковка	y18 = пакет пластиковый
s	x5 = Вкусовая добавка	y19 = различные
t	x3 = Производство	y20 = ручное
u	x2 = Метод производства	y21 = нагрев

Источник: составлено автором.

Чем больше характеристик будет внесено в данный список, тем больше потенциальных производственных сценариев будет покрыто. Так же в данный список необходимо вынести гипотетические пары характеристика – значение для покрытия случаев, вероятность которых в данном контексте мала, но все же возможна (случаи t, u), и случаев, которые не описаны в техзадании, но участвуют в техпроцессе (q, r).

3. Необходимо определить множество пар характеристика – значение, жестко заданных для каждого экземпляра [3]:

$$\begin{aligned}
 A1 &= \{a, b, c, d, g, m, q, r\}, \\
 A2 &= \{a, b, c, d, e, h, l, m, q, r\}, \\
 A3 &= \{a, b, c, d, f, i, n, q, r\}, \\
 A4 &= \{a, b, c, d, e, h, n, q, r\}, \\
 A5 &= \{a, b, c, d, f, j, p, q, r\}, \\
 A6 &= \{a, b, c, d, g, o\}, \\
 A7 &= \{a, b, c, d, k, n, q, r, s\},
 \end{aligned}$$

где множество A_n – номерной случай, типовой или потенциальный, а объекты множества – применимые к нему пары характеристика – значение.

4. Для оптимизации необходимо из результата объединения множеств характеристик вычесть результат их пересечения [5]:

$$P = (A1 \cup A2 \cup A3 \cup A4 \cup A5 \cup A6 \cup A7 \cup A_n) \setminus (A1 \cap A2 \cap A3 \cap A4 \cap A5 \cap A6 \cap A7 \cap A_n)$$

Также можно представить данную операцию как «множественную симметрическую разность» [5]:

$$P = A1 \Delta A2 \Delta A3 \Delta A4 \Delta A5 \Delta A6 \Delta A7 \Delta A_n,$$

$$P = \{g, e, f, m, q, r, h, l, i, n, j, p, o, k, s\},$$

где P – результирующее множество пар характеристика – значение, подлежащих вынесению в параметры, A_n – множества пар характеристика – значение.

Интересный факт: мощность результирующего множества больше мощности любого множества из изначального списка, что очень хорошо подчеркивает суть универсализации – необходимость учесть особенности каждого уникального случая, составить их перечень и выделить значения по умолчанию.

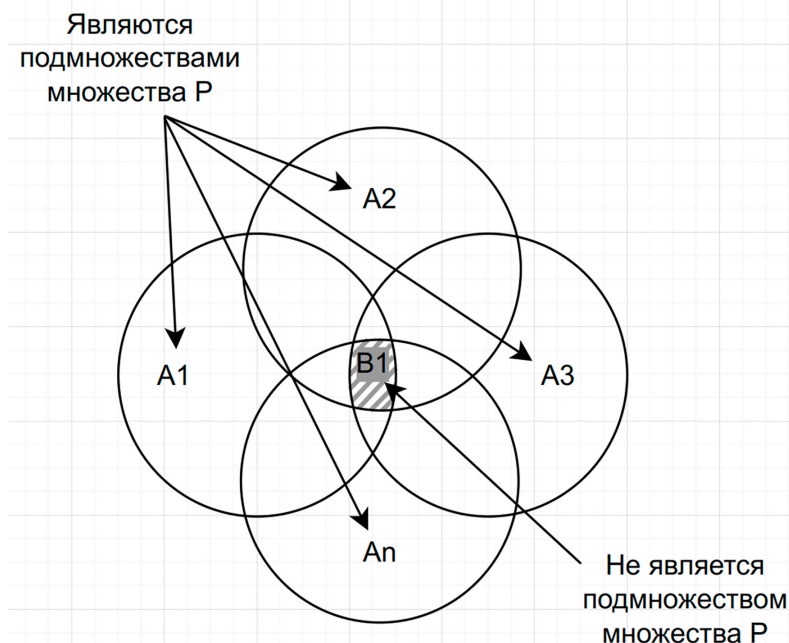


Рис. 2. Графическая интерпретация симметрической разности множеств пар характеристика – значение различных типовых и потенциально возможных производственных случаев;
 A_n – множества пар характеристика – значение; P – результирующее множество;
 Штриховкой обозначено множество объектов $B1$, не вошедших в результирующее множество P ;
 Области A_n без штриховки входят в результат P

Произведенное действие графически отображено с применением диаграммы Венна на рис. 2 [4].

Исходя из диаграммы Венна [4], изображенной на рис. 2, можно сделать вывод, что

$$A_n \in P; B1 \notin P$$

Резюмируя: в итоговую выборку войдут все элементы, кроме общих для всех множеств.

5. Получив выборку P , для выявления параметров, подлежащих вынесению, необходимо откинуть значения u из каждого элемента, а из оставшихся характеристик x сформировать мультимножество [6].

$$P = \{g, e, f, m, q, r, h, l, i, n, j, p, o, k, s\},$$

$$B = \{x6, x5, x5, x8, x9, x9, x6, x7, x6, x8, x6, x8, x8, x6\},$$

где B – мультимножество, сформированное из характеристик x элементов множества P

Мультимножество B необходимо привести к множеству C , преобразовав элементы, кратность которых больше 1, в элементы с кратностью 1, простыми словами, убрать все дубликаты из множества B . Результат:

$$C = \{x5, x6, x7, x8, x9\},$$

где C – набор уникальных элементов множества B , для удобства отсортированный по возрастанию индекса. Данное множество и является результатом работы алгоритма.

Результатом работы алгоритма является расшифровка названия характеристик и список входных параметров для процесса автоматизации:

- $x5$ – вкусовая добавка,
- $x6$ – тара,
- $x7$ – посыпка,
- $x8$ – форма выпуска,
- $x9$ – упаковка.

Итог: для производства указанных видов мороженого, а также всех видов мороженого, обладающими схожими характеристиками, аппарат должен обладать следующими входными параметрами:

- лотки для вкусовых добавок и возможность настройки их выбора,
- хранилище различной тары и возможность ее выбора,
- лотки для посыпок и возможность их выбора,
- возможность настройки подачи мороженого различной формы,
- контейнер для хранения различных видов упаковки и возможность ее выбора.

В дополнение ниже приведено краткое описание унификации параметров простейшего CI DevOps пайплайна для сборки программного обеспечения [1].

Возможные случаи:

1. Сборка java приложения, указана версия, используется jenkins.

Таблица 2

Пары характеристика – значение для типовых сборочных случаев
CI DevOps пайплайна

Идентификатор	Характеристика (x _n)	Значение (y _n)
a	x1 = Язык программирования	y1 = java
b	x1 = Язык программирования	y2 = ruby
c	x3 = Версия приложения	y3 = x.x.x
d	x4 = Тесты	y4 = Выключены
e	x4 = Тесты	y5 = Включены
f	x5 = Сборщик	y6 = jenkins
g	x5 = Сборщик	y7 = teamcity

Источник: составлено автором.

2. Сборка java приложения, тесты выключены, используется jenkins.

3. Сборка ruby приложения, используется jenkins.

Пары характеристика – значение для данного примера отражены в табл. 2.

Множества случаев:

A1 = {a, c, f},

A2 = {a, d, f},

A3 = {b, f}.

Расчет:

$P = A1 \Delta A2 \Delta A3$,

$P = \{a, b, c, d\}$,

$B = \{x1, x1, x3, x4\}$,

$C = \{x1, x3, x4\}$.

Расшифровка:

– x1 – язык программирования,

– x3 – версия приложения,

– x4 – тесты.

Итог: для универсализации данного простейшего DevOps пайплайна необходимо вынести в вызов три параметра: язык программирования, версия сборки, необходимость запуска тестов.

Заключение

Данная методика, построенная на теории множеств, свойствах математической модели и жестком алгоритме, позволяет унифицировать входные параметры для различных автоматизированных систем, будь то сборочное оборудование или же программное обеспечение.

Подбор характеристик осуществляется в полуигровой форме, но в последующих шагах подобранные характеристики проходят через структурирующий и оценивающий алгоритм, выполняющий фильтрацию и отсеивающий все характеристики, изменение которых не влияет на итоговый

результат и которые нет необходимости выносить в параметры.

Таким образом, данный алгоритм работает как воронка, принимающая на вход итоги оценки текущих и потенциальных производственных случаев и выдающая на выходе перечень параметров, необходимых для тонкой настройки автоматизации не только на работу с перечисленными случаями, но и гипотетически возможными при расширении задач, поставленных перед автоматизированной системой.

Список литературы

1. Пеленицына П.А. Devops как взаимодействие между разработкой и эксплуатацией // Интернаука. 2024. № 21 (338). URL: <https://internauka.org/journal/science/internauka/338> (дата обращения: 14.02.2025).
2. Михайлов Д.Д. Основы математического моделирования // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18, № 2. С. 374–376.
3. Серовайский С.Я. Математика: от теории множеств к теории категорий // Метафизика. 2022. № 1 (43). С. 29–34. URL: <https://journals.rudn.ru/metaphysics/article/download/30764/20616> (дата обращения: 14.02.2025).
4. Ваулина О.Ю. Решение логических задач на основе диаграмм Эйлера – Венна // Вестник современных исследований. 2017. № 6–1 (9). С. 113–115. URL: <https://resources.mgpu.ru/docfulldescription.php?docid=554183> (дата обращения: 14.02.2025).
5. Собиров А.Ш. Методические основы логического изложения операций над множествами и доказательство некоторых равносильных формул и отношений // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2021. № 2–4 (93). С. 31–38. URL: <http://bgu-n-vestniki.tj/wp-content/uploads/2022/02/№2-4932021.pdf> (дата обращения: 14.02.2025).
6. Малтугуева Г.С., Юрин А.Ю. Применение множеств при решении практических задач // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. № 2 (14). С. 196–202. URL: <https://vestnik-muiv.ru/upload/iblock/cd3/cd30c4c3cf0b7cb3a3d168d7f8d860b3.pdf?ysclid=m752mu2p1h77439403> (дата обращения: 14.02.2025).

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ НА ОСНОВЕ СИММЕТРИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ РЯДОВ

Приходько А.А.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
Краснодар, e-mail: kampanus@yandex.ru

Определение простоты чисел является одной из ключевых задач теории чисел и много значит для криптографии. В работе изложен подход к проверке простоты чисел, основанный на анализе симметрии в распределении элементов мультипликативной группы вычетов по модулю исследуемого значения. Цель исследования заключается в построении алгоритмической процедуры, позволяющей дифференцировать простые и составные числа на основе внутренних структурных характеристик группы. Метод реализуется путем возведения заранее определенных оснований в фиксированные степени с последующим анализом их взаимного расположения. Применяется классификация по остаточным признакам, обеспечивающая отбор чисел, обладающих потенциальной симметрией. Проведено экспериментальное исследование, охватывающее широкий диапазон простых и составных чисел, включая известные примеры псевдопростых. Установлено, что в пределах выбранного класса простых чисел наблюдается устойчивое симметричное распределение вычетов, отсутствующее либо нарушенное в случае составных значений. Выявлена зависимость между наличием симметрии и принадлежностью числа к определенным модульным классам. Полученные результаты подтверждают применимость предложенного метода в рамках выделенного числового класса. Отмечается высокая устойчивость к ложноположительным определениям. Перспективными направлениями являются расширение области применимости метода, его формализация в рамках теории чисел, а также возможная интеграция в состав комбинированных алгоритмов проверки простоты.

Ключевые слова: проверка простоты чисел, тест Ферма, тест Миллера – Рабина, тест Соловея – Штрассена, криптография, факторизация, псевдопростые числа, алгоритмы тестирования, вероятностные тесты, вычислительная сложность, теорема Вильсона, символ Якоби, большие простые числа, теория чисел

METHOD FOR DETERMINING PRIME NUMBERS BASED ON THE SYMMETRY OF CYCLIC SEQUENCES

Prikhodko A.A.

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: kampanus@yandex.ru

The determination of primality is one of the fundamental problems in number theory and holds significant importance for cryptography. The paper presents an approach to primality testing based on the analysis of symmetry in the distribution of elements within the multiplicative group of residues modulo the number under investigation. The objective of the study is to construct an algorithmic procedure capable of distinguishing between prime and composite numbers by relying on the internal structural characteristics of the group. The method is implemented through exponentiation of predefined bases to fixed powers, followed by an analysis of the relative positions of the resulting residues. A classification by residue classes is employed to identify numbers exhibiting potential symmetry. An experimental study was conducted on a wide range of prime and composite numbers, including well-known pseudoprime examples. It was established that within the selected class of prime numbers, a stable symmetric distribution of residues is observed, which is either absent or disrupted in the case of composite numbers. A correlation between the presence of symmetry and the membership of a number in certain modular classes was identified. The obtained results confirm the applicability of the proposed method within the designated class of numbers. A high degree of robustness against false positive identifications was observed. Future work may involve extending the applicability of the method, its formalization within number theory, and its potential integration into composite primality testing algorithms.

Keywords: primality testing, Fermat test, Miller – Rabin test, Solovay – Strassen test, cryptography, factorization, pseudoprime numbers, testing algorithms, probabilistic tests, computational complexity, Wilson's theorem, Jacobi symbol, large prime numbers, number theory

Введение

Проблема проверки чисел на простоту является фундаментальной в теории чисел и много значит в криптографии. Современные криптографические системы, такие как RSA, основаны на сложности факторизации больших чисел, что требует эффективных и надежных методов определения простоты чисел [1]. На сегодняшний день существует множество алгоритмов проверки простоты, но, несмотря на значи-

тельный прогресс в разработке алгоритмов проверки простоты чисел, проблема остается актуальной.

Целью исследования является разработка нового метода тестирования простоты чисел, основанного на анализе симметрии внутри циклов мультипликативной группы по модулю простого числа. В отличие от традиционных методов, данный подход позволяет выявлять структурные закономерности, присущие исключительно

простым числам, и исключать составные числа, включая числа Кармайкла, которые являются сложными для обнаружения стандартными вероятностными тестами.

Исследование направлено на выявление ключевых закономерностей в распределении квадратичных вычетов и применение критерия Эйлера для построения нового алгоритма тестирования и проведение экспериментальной проверки разработанного метода на множестве простых и составных чисел.

Материалы и методы исследования

Существуют различные методы тестирования простоты чисел. Решето Эратосфена позволяет эффективно находить простые числа в малых диапазонах, но не подходит для больших значений из-за высокой вычислительной сложности. Алгоритм AKS является детерминированным методом с полиномиальной сложностью, однако требует значительных вычислительных ресурсов. Тест Ферма основан на одноименной теореме, но допускает псевдопростые числа [2]. Тест Миллера – Рабина улучшает метод Ферма за счет разложения числа и вероятностных проверок, но также не гарантирует стопроцентную точность [3]. Тест Соловея – Штрассена использует символ Якоби и дает более надежные результаты, но остается вероятностным [4, с. 140–145]. Эти методы широко применяются в теории чисел и криптографии.

Одной из проблем тестирования простоты является существование псевдопростых чисел, которые могут вводить в заблуждение вероятностные алгоритмы. Псевдопростые числа Ферма – это составные числа, которые удовлетворяют критерию Ферма для некоторых оснований, но не являются простыми. Примеры таких чисел: 561, 1105, 1729, 2465. Они ведут себя как простые относительно теста Ферма, но на самом деле остаются составными. Числа Кармайкла представляют собой особый класс псевдопростых чисел, которые проходят тест Ферма для всех оснований, взаимно простых с ними. Эти числа обходят тест Ферма для практически всех возможных оснований, что делает их сложными для обнаружения с помощью классических вероятностных тестов [5].

Предложенный метод определения основан на анализе особых чисел A и B , связанных между собой по модулю заданного числа p . Числа A и B в каждой паре обладают следующими характеристиками:

$$\begin{aligned} A^2 &\equiv p-1 \pmod{p}, \quad \hat{A}^2 \equiv p-1 \pmod{p}, \\ a + b &= p. \end{aligned}$$

Данная пара чисел отвечает за формирование значения (-1) в критерии Эйлера для простых чисел вида $1 \pmod{4}$. Наиболее интересное свойство заключается в том, что пара чисел, дающих (-1) в критерии Эйлера, при умножении дают единицу по остатку p . Это связано с их расположением относительно центральной точки $(p-1)/2$. Если число A находится на уровне $(p-1)/4$, то число B расположено на уровне:

$$\frac{p-1}{4} + \frac{p-1}{2}.$$

Сумма этих степеней равна $(p-1)$. Согласно теореме Ферма, $a^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$, следовательно $A \cdot B \equiv 1 \pmod{p}$.

Простые числа, удовлетворяющие условию $p \equiv 1 \pmod{4}$ обладают уникальным свойством: существует ровно одна пара таких чисел. В то же время для простых чисел вида $p \equiv 3 \pmod{4}$ такая пара не существует. Это обусловлено тем, что степень $t = (p-1)/4$, используемая в формировании уровня $(p-1)/2$, не является целым числом для данного класса. Таким образом, симметричная конструкция чисел A и B , лежащая в основе метода, неприменима к числам этого вида. Для составных чисел, также удовлетворяющих условию $p \equiv 1 \pmod{4}$, наблюдается иное поведение. Такие числа могут либо не иметь ни одной пары, удовлетворяющей вышеуказанным условиям, либо содержать более одной такой пары.

Факт существования единственной симметричной и обратимой пары A и B является характерным признаком простоты числа в классе $p \equiv 1 \pmod{4}$. Нарушение уникальности или полное отсутствие таких пар однозначно указывает на составной характер числа.

Одним из ключевых элементов предлагаемого теста является работа с квадратичными невычетами по модулю p . В классическом понимании элемент $a \in \mathbb{Z}_p$ называется квадратичным невычетом, если сравнение $x^2 \equiv a \pmod{p}$ не имеет решений при $x \in \mathbb{Z}_p$ [6]. Для корректной работы алгоритма требуется выбрать основание m , обладающее этим свойством. Однако на текущий момент не существует универсального способа определить квадратичный невычет без перебора возможных значений.

В предложенном методе предлагается использовать структурную группировку по остаткам, основанную на известных результатах теории вычетов. Для простых чисел $p \equiv 1 \pmod{8}$ значение $(p-1)/2$ может быть как квадратичным вычетом, так и невычетом. Однако для простых чисел $p \equiv 5 \pmod{8}$ значение $(p-1)/2$ всегда является квадра-

тичным невычетом. Это свойство позволяет существенно упростить выбор основания в рамках метода. В частности, если $p \equiv 5 \pmod{8}$, то можно без дополнительной проверки взять основание $m = (p-1)/2$ так как это значение является квадратичным невычетом. Таким образом, при заданных условиях устраняется необходимость явного перебора, и тест может работать в более оптимальном режиме.

Проверка по одному основанию в симметричном тесте позволяет эффективно исключать все числа, для которых не существует ни одной пары чисел A и B , удовлетворяющей условиям

$$A \cdot B \equiv 1 \pmod{P}, A + B = P.$$

Однако такая проверка не является полной, поскольку не гарантирует исключения составных чисел, в которых такие пары все же существуют, но не в единственном экземпляре. Это означает, что, если пара найдена, ее существование еще не доказывает простоту числа, и необходимо убедиться, что она единственная.

Возникновение симметричной пары связано с выбором основания, и такая пара возникает только при использовании основания, напрямую связанного с примитивным корнем по модулю p . Именно примитивные корни обладают свойством порождать всю мультипликативную группу по модулю p , а следовательно, их степень охватывает всю структуру циклов, в которой проявляется симметрия. Таким образом, если основание не связано с примитивным корнем, то пара либо не возникает вовсе, либо может дублироваться при переходе к другим основаниям.

Для исключения ложных положительных результатов необходимо использование второго основания, связанного с другим примитивным корнем или его производной. Если в результате возведения обоих оснований в заданную степень получается одна и та же пара A и B и при этом выполняется условие обратимости $A \cdot B \equiv 1 \pmod{P}$, то это является свидетельством уникальности пары и, как следствие, сильным подтверждением простоты числа. В противном случае, если различные основания приводят к разным парам или к отсутствию пар, то число составное.

Автор предлагает использовать двойную фильтрацию, которая обеспечивает надежный выбор таких простых чисел, для которых возможно построение пары чисел A и B , обладающих строго определенными симметрическими свойствами. Эта фильтрация основана на двух независимых остаточных условиях: $p \equiv 5 \pmod{8}$ и $p \equiv 1 \pmod{12}$.

Первое из них гарантирует, что значение $(p-1)/2$ всегда является квадратичным невычетом, а второе – что $(p-1)$ делится на 6. При наложении обоих условий одновременно оказывается, что и $(p-1)/6$ во всех проверенных случаях также является квадратичным невычетом, а число имеет вид $p \equiv 13 \pmod{24}$. Именно это свойство позволяет трактовать основания $m_1 = (p-1)/2$ и $m_2 = (p-1)/6$ как производные от двух примитивных корней, принадлежащих разным подгруппам мультипликативной группы по модулю p . Фильтрация дает нам два «ортогональных» основания, каждое из которых независимо способно проявить симметричную структуру при возведении в степень $t = (p-1)/4$. Совпадение результатов возведения обоих оснований в степень и получение одной и той же пары A и B свидетельствует о том, что эта пара порождена не случайной подгруппой, а встроена в структуру всей группы $x \in \mathbb{Z}_p$.

$$\text{Проверка чисел вида} \\ p \equiv 13 \pmod{24}$$

Рассматривается нечетное натуральное число p , подлежащее проверке на простоту. Тест основан на построении единственной симметричной пары элементов в мультипликативной группе вычетов по модулю p , обладающей структурным свойством:

$$A \cdot B \equiv 1 \pmod{P}, A + B = P.$$

1. Остаточные условия допустимости.

Число p допускается к симметричному тестированию, если выполняется сравнение

$$p \equiv 13 \pmod{24}.$$

Данное условие гарантирует, что значения

$$t = (p-1)/4, m_1 = (p-1)/2, m_2 = (p-1)/6$$

принадлежат множеству целых чисел. Кроме того, при указанном классе по модулю 24 числу p соответствуют значения m_1, m_2 , являющиеся квадратичными невычетами по модулю p .

2. Вычисление образующих элементов.

На основе выбранных оснований вычисляются следующие элементы:

$$A_1 = m_1^t \pmod{p}, B_1 = P - A_1,$$

$$A_2 = m_2^t \pmod{p}, B_2 = P - A_2.$$

3. Критерий симметричности.

Проверка простоты числа p осуществляется на основании двух условий.

Совпадение пар:

$$\{A_1, B_1\} = \{A_2, B_2\}.$$

Обратимость элементов:

$$A \cdot B \equiv 1 \pmod{P}.$$

4. Результат.

Если оба условия выполняются, число p классифицируется как вероятно простое. В случае нарушения хотя бы одного из условий, число отвергается как составное.

Пример теста

Рассматривается число $p = 109$. Оно удовлетворяет необходимому остаточному условию: $109 \equiv 13 \pmod{24}$, поэтому может быть проверено в рамках теста.

Определяются значения:

$$t = (p-1)/4 = 108/4 = 27,$$

$$m_1 = (p-1)/2 = 108/2 = 54,$$

$$m_2 = (p-1)/6 = 108/6 = 18.$$

Вычисление пар (A, B) :

$$A_1 = 54^{27} \pmod{109} = 33,$$

$$B_1 = 109 - 33 = 76,$$

$$A_2 = 18^{27} \pmod{109} = 33,$$

$$B_2 = 109 - 33 = 76.$$

Таким образом,

$$\{A_1, B_1\} = \{33, 76\}, \{A_2, B_2\} = \{33, 76\},$$

что означает, пары совпадают:

$$\{A_1, B_1\} = \{A_2, B_2\}.$$

Проверка обратимости:

$$A \cdot B \equiv 33 \cdot 76 = 2508,$$

$$2508 \pmod{109} = 1 \pmod{109}.$$

Таким образом, выполнено:

$$A \cdot B \equiv 1 \pmod{109}$$

Вывод. Число 109 простое.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью оценки эффективности предложенного теста простоты была проведена серия численных экспериментов на множестве натуральных нечетных чисел, удовлетворяющих условию $p \equiv 13 \pmod{24}$.

Эксперимент охватывал диапазон от 100 до 10^6 , где общее количество чисел, удовлетворяющих заданному условию, составило 41 663. Из них 9 829 являются простыми, а 7 – составными числами Кармайкла, известными своей способно-

стью имитировать поведение простых чисел в большинстве вероятностных тестов. Для каждого из этих чисел был выполнен симметричный тест, основанный на сравнении двух пар $\{A_1, B_1\}$ и $\{A_2, B_2\}$, полученных при возведении двух различных оснований в степень $t = (p-1)/4$, а также на проверке мультипликативной обратимости элементов пары.

Результаты показали, что все 9 829 простых чисел успешно прошли тест, продемонстрировав уникальную структуру симметрии в группе вычетов по модулю p . При этом ни одно из семи чисел Кармайкла не удовлетворило условиям теста. Таким образом, тест не допустил ни одного ложноположительного результата на данном множестве. Скорость выполнения теста оказалась сопоставимой с тестом Миллера – Рабина. Однако, в отличие от предлагаемого подхода, алгоритм Миллера – Рабина предполагает случайный выбор оснований, а надежность результата напрямую зависит от их количества, которое на практике часто превышает два [7]. Предложенный тест использует фиксированные основания, не зависящие от случайных факторов, и обеспечивает воспроизводимость результата при сохранении вычислительной эффективности.

Заключение

В работе рассмотрен метод тестирования простоты чисел, основанный на анализе симметричных пар, обладающих уникальными обратимыми свойствами в мультипликативной группе вычетов. Метод использует заранее определенную группировку чисел по остаткам, что позволяет выделить подклассы, обладающие структурной симметрией.

Предложенный подход позволяет формировать надежные детерминированные тесты, применимые к определенным классам чисел. За счет наложения условий на вид числа по модулю удается исключить необходимость перебора и обеспечить устойчивую фильтрацию как простых, так и составных чисел. Результаты численного эксперимента подтвердили высокую точность и эффективность метода в пределах выбранного класса.

Одним из направлений дальнейшей работы станет разработка аналогичных тестов для других модульных классов и подгрупп, а также формализация связи между примитивными корнями и симметрией, проявляющейся при возведении оснований в определенные степени. Кроме того, планируется интеграция предложенного метода в состав комплексных алгоритмов первичного те-

стирования больших чисел, с возможностью его использования в криптографических приложениях.

Список литературы

1. Авагян Г.Е., Шаховал В.Р., Смагин Д.Е., Мешков М.В. Сравнительная характеристика методов определения простоты числа с помощью вероятностных тестов // Научно-практические исследования. 2020. № 5–3 (28). С. 4–7.
2. Назаренко Ю.Л. Сравнение эффективности методов определения простоты числа программно-вычислительными средствами // European Science. 2017. № 8 (30). С. 33–38.
3. Загородских В.К. Сравнение эффективности тестов чисел на простоту // Первый шаг в науку. 2016. № 7–8 (19–20). С. 9–15.
4. Бухштабер В.М., Кузнецов А.Г., Мишечкин Е.В. Числовые системы и теория чисел. М.: МЦНМО, 2016. 284 с.
5. Пастухов Ю.Ф., Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Пастухов Д.Ф., Пастухов А.Ю. Теорема о связи чисел Кармайкла с функцией Кармайкла // Евразийское научное объединение. 2021. № 6–1 (76). С. 50–53.
6. Мамлеев А.А. Критерий Эйлера для квадратичных вычетов // Яковлевские чтения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 173–174.
7. Жуманиёзов А.Р. Проблема оценки эффективности теста Миллера – Рабина // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Математика. 2021. Т. 36. С. 1–2. URL: <https://www.mathnet.ru/irj656> (дата обращения: 23.02.2025).

