

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№12 2023 (ДЕКАБРЬ)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Журнал издается с 2011 года.

### Редакция:

Главный редактор  
**А.В. Царегородцев**  
Выпускающий редактор  
**Ю.Б. Миндлин**  
Верстка  
**М.А. Комарова**

Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016  
В течение года можно произвести подписку  
на журнал непосредственно в редакции.

### Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью  
**«Научные технологии»**

Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10  
Тел/факс: 8(495) 142-8681  
E-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>

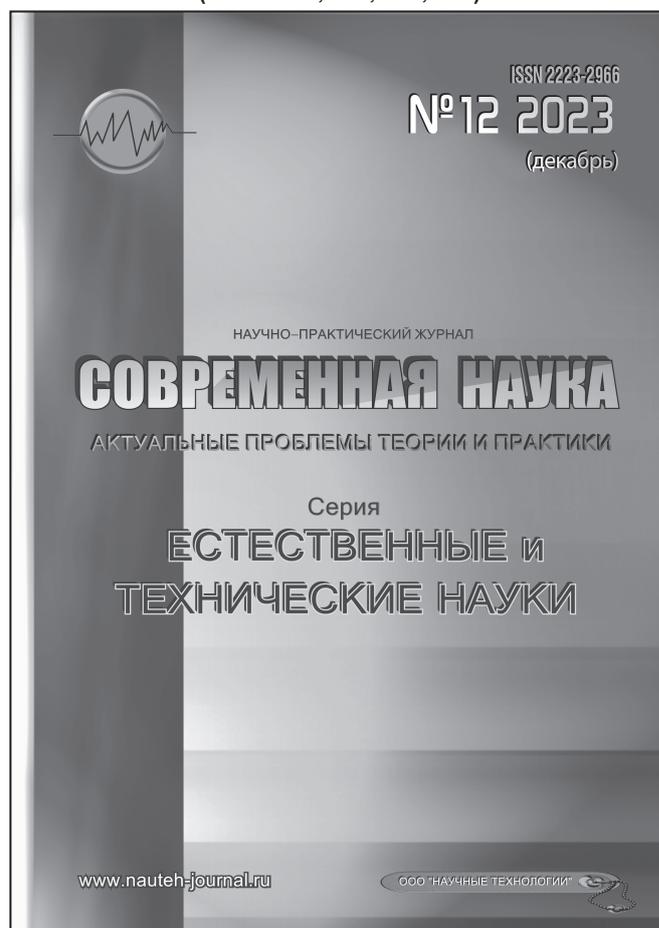
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



### В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ,  
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука:  
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 25.12.2023 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# Редакционный совет

---

**Атаев Алевдин Рашитханович** — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

**Безруких Марьям Моисеевна** — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

**Бекетов Сергей Валериевич** — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

**Белых Владимир Иванович** — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Грачев Николай Николаевич** — доктор высшей степени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

**Гусева Анна Ивановна** — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Зубкова Валентина Михайловна** — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

**Каллаев Нажмудин Омаркадиевич** — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

**Квасов Андрей Иванович** — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикабаева

**Корнеев Андрей Матиславович** — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

**Корягина Наталья Александровна** — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А.Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кравец Бронислава Борисовна** — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кулик Сергей Дмитриевич** — д.т.н., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Матвеев Всеволод Борисович** — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН

**Миндлин Юрий Борисович** — к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

**Надежкин Сергей Михайлович** — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

**Овезов Алексей Мурадович** — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

**Олейникова Светлана Александровна** — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

**Рахимов Ильгизар Ильясович** — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Ромашкова Оксана Николаевна** — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

**Симаков Юрий Георгиевич** — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

**Симоненков Алексей Павлович** — д.м.н., профессор, независимый эксперт

**Трапезов Олег Васильевич** — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

**Федорова Оксана Ивановна** — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

**Харитонов Михаил Анатольевич** — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

**Царегородцев Анатолий Валерьевич** — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет [redaktor3@nauteh.ru](mailto:redaktor3@nauteh.ru)

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Общая биология

**Бисултанова З.И., Бисултанова З.Р., Доднаева Л.Р., Джамбетова П.М.** — Идентификация и характеристика эндофитных бактерий из тканей растений-космополитов  
*Bisultanova Z., Bisultanova Z., Dodnaeva L., Dzhambetova P.* — Identification and characterization of endophytic lesions from tissues of cosmopolitan plants. ....7

**Бугеро Н.В., Ильина Н.А., Александрова С.М., Клионковский А.И.** — К вопросу антибиотикорезистентности паразитоценоза кишечника обследованных ГБУЗ «Псковский областной клинический центр психиатрии и наркологии»  
*Bugero N., Ilyina N., Aleksandrova S., Klinkovsky A.* — To the issue of antibiotic resistance of intestinal parasitocenosis of the examined GBUZ «Pskov regional clinical center of psychiatry and narcology».....12

**Зорина А.А., Шкляревич Г.А.** — Многолетняя стабильность размерно-возрастной структуры литоральных беспозвоночных белого моря  
*Zorina A., Shklyarevich G.* — Long-term stability of the white sea littoral invertebrate size-age structure .....16

**Козлова А.А.** — Анализ хорологической структуры комплексов группы *Formica rufa* в Нижегородской области с помощью геоинформационных систем  
*Kozlova A.* — Analysis of the chorological structure of the *Formica rufa* group complexes in the Nizhny Novgorod region using geoinformation systems. ...24

**Павлова Н.И., Бочуров А.А., Алексеев В.А., Крылов А.В., Сыдыкова Л.А.** — Ассоциация полиморфизма rs174537 гена *FADS1* с ожирением в якутской популяции  
*Pavlova N., Bochurov A., Alekseev V., Krylov A., Sydykova L.* — Association of *FADS1* gene rs174537 polymorphism with obesity in the Yakut population .....32

**Парамонов С.Г.** — Антропогенные факторы расширения ареала медоносных пчел (*apis mellifera*) и экологические риски в Псковской области  
*Paramonov S.* — Anthropogenic factors of expansion of the range of western honey bees (*apis mellifera*) and environmental risks in the Pskov region. ....36

**Хлызова Т.А.** — Дополнения к фауне кровососущих двукрылых насекомых (Diptera: Tabanidae, Culicidae, Ceratopogonidae, Simuliidae) Курганской области  
*Khlyzova T.* — Additions to the fauna of blood-sucking dipteran insects (Diptera: Tabanidae, Culicidae, Ceratopogonidae, Simuliidae) of the Kurgan region. ....40

## Информатика, вычислительная техника и управление

**Бугакова Т.Ю., Шаранов А.А., Кацко С.Ю., Басаргин А.А.** — Разработка и апробация аппаратно-программного комплекса визуального мониторинга состояния объектов с использованием технологий компьютерного зрения и интеллектуальной обработки данных  
*Bugakova T., Sharapov A., Katsko S., Basargin A.* — Development and testing of a hardware and software complex for visual monitoring of the condition of objects using computer vision technologies and intelligent data processing .....44

**Бучнев О.С., Аталян А.В.** — Моделирование и исследование спутывающей переменной с использованием моделей линейной регрессии  
*Buchnev O., Atalyan A.* — Modeling and investigation of a confusing variable using linear regression models.....51

**Жагловская А.В.** — Интеллектуальное будущее цифровых платформ: эффективность и перспективы  
*Zhaglovskaya A.* — The intelligent future of digital platforms: efficiency and prospects .....56

- Зароченцев В.М., Рутковский А.Л., Болотаева И.И.** — Блочно-модульное моделирование механизма физико-химических процессов, протекающих при вельцевании цинковых кеков  
*Zarochentsev V., Rutkovsky A., Bolotaeva I.* — Block-modular modeling of the mechanism of physico-chemical processes occurring during the welding of zinc cakes. ....62
- Козлов А.В.** — Многофакторная аутентификация в облачных сервисах  
*Kozlov A.* — Multi-factor authentication in cloud services .....73
- Кольцов В.Б., Кондратьева О.В.** — Система мониторинга поверхностных вод и основных показателей, характеризующих качество воды  
*Koltsov V., Kondratieva O.* — Surface water monitoring system and the main indicators characterizing water quality .....79
- Котиков Н.М., Русаков А.М., Филатов В.В.** — Применение методов машинного обучения для обнаружения кибератак на основе социальной инженерии  
*Kotikov N., Rusakov A., Filatov V.* — Application of machine learning methods for detecting cyber attacks based on social engineering. ....84
- Лапин И.А., Сергеев А.В., Хахина А.М.** — Тестирование скорости выполнения арифметических операций с целыми и действительными числами при выполнении вычислений в контейнерах Docker и непосредственно на хосте  
*Lapin I., Sergeev A., Khakhina A.* — Performance evaluation of integer and floating-point arithmetical operations carried out using Docker containers and host machine .....94
- Машина Е.А.** — Подходы к сравнительной оценке креативности работника на основе автоматизированной кластеризации результатов психометрических тестов  
*Mashina E.* — Approaches to the comparative assessment of employee creativity based on automated clustering of psychometric test results .....99
- Рада А.О., Акулов А.О., Тимофеев А.Е.** — Разработка программного обеспечения для автоматизации строительного контроля объектов  
*Rada A., Akulov A., Timofeev A.* — Development of software for automation of construction control of objects. .... 106
- Радимов И.Р.** — Сценарное моделирование схемы доступа к радиоресурсам беспроводной сети с двумя слайсами  
*Radimov I.* — Scenario modeling of the wireless network radio resource access scheme with two slices ..... 114
- Сучёв Н.Е., Пантелеева Л.Р.** — Рекуррентные нейронные сети как средство предиктивного анализа движения цен на финансовых рынках  
*Suchev N., Panteleeva L.* — Recurrent neural networks as a means of predictive analysis of price movements in financial markets ..... 121
- Фу Вэньвэй** — Анализ существующих методов и моделей распознавания речи на основе нейронных сетей  
*Fu Wenwei* — Analysis of existing methods and models of speech recognition based on neural networks. .... 126
- Клиническая медицина
- Азизова Д.А., Хаирутдинова А.Р., Хафизов Р.Г.** — Клеточные технологии в дентальной имплантации  
*Azizova D., Khairutdinova A., Hafizov R.* — Cell technologies in zones of dental implantation. .... 132
- Борисова О.Д., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Шторина А.А., Пуздырева М.Н., Фернандо Н.В.** — Зависимость состояния элементов височно-нижнечелюстных суставов от положения передних зубов у лиц с физиологическими видами окклюзии  
*Borisova O., Fischev S., Sevastyanov A., Rozhkova M., Pavlova S., Shtorina A., Puzdyreva M., Fernando N.* — Features of angular parameters of teeth with different types of dental arches ..... 135
- Гехаев А.У., Исакова Ф.С., Ганноева Э.Т.** — Изменения половых гормонов у больных с предраком и раком гортани

- Gekhaev A., Isakova F., Gappoeva E.* — Changes in sex hormones in patients with precancerous and laryngeal cancer ..... 140
- Гехаев А.У., Исакова Ф.С., Гаппоева Э.Т.** — Гормональный статус щитовидной железы у пациентов с предраком и раком гортани  
*Gekhaev A., Isakova F., Gappoeva E.* — Hormonal status of the thyroid gland in patients with precancerous and laryngeal cancer ..... 143
- Журбенко В.А., Студеникина И.А.** — Исследование оценки распространенности гингивита у детей школьного возраста  
*Zhurbenko V., Studenikina I.* — A study assessing the prevalence of gingivitis in school-age children. ... 145
- Климов А.Г., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Поленс А.А., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Шторина А.А., Пуздырева М.Н.** — Особенности диагностики зубочелюстных аномалий с различными типами лицевого отдела головы  
*Klimov A., Rozhkova M., Pavlova S., Polens A., Fischev S., Sevastyanov A., Shtorina A., Puzdyreva M.* — Features of diagnostics of dental anomalies with different types of the facial part of the head ..... 148
- Костава Т.В., Дарчия Л.Ю., Иванов К.С., Езеев А.Р., Панов А.А., Сопин В.З.** — Артроскопия тазобедренного сустава  
*Kostava T., Darchiya L., Ivanov K., Ezeev A., Panov A., Sopin V.* — Hip arthroscopy ..... 153
- Кутина М.А., Паршина С.С.** — Гемокоагуляционные нарушения в остром ковиде и постковидном периоде, особенности их диагностики: обзор литературы  
*Kutina M., Parshina S.* — Hemocoagulation disorders in acute covid and postcovid period, features of their diagnosis: literature review ..... 159
- Магомедова К.А., Надирова З.А., Тайгибова А.Г.** — Экзогенный аллергический альвеолит. Клинический случай  
*Magomedova K., Nadirova Z., Taygibova A.* — Exogenous allergic alveolitis. A clinical case ..... 166
- Малай Д.А.** — Иммуногистохимические предпосылки возникновения лейомиомы  
*Malay D.* — Immunohistochemical prerequisites for the appearance of leiomyoma ..... 170
- Мари М.Х., Мари И.Х., Мирзоева Р.К., Сиюхова Ф.Ш.** — Инфекции мочевыводящих путей, как причина заболеваний у беременных  
*Mari M., Mari I., Mirzoeva R., Siyukhova F.* — Urinary tract infections as cause of diseases in pregnant women ..... 174
- Масляков В.В., Полиданов М.А., Сидельников С.А., Растягаева Д.А.** — Способы биотехнологического восстановления кожного покрова у обожженных  
*Maslyakov V., Polidanov M., Sidelnikov S., Rastyagaeva D.* — Methods of biotechnological restoration of the skin in the burned ..... 178
- Остаев А.О., Бархударов А.А., Климов А.Е., Бадретдинов И.А.** — Проблемы и перспективы программированной релапаротомии в абдоминальной хирургии  
*Ostaev A., Barkhudarov A., Klimov A., Badretdinov I.* — Problems and prospects of programmed relaparotomy in abdominal surgery ..... 184
- Рябец М.В., Захаров Д.В., Иваненко А.В.** — Клинический случай хирургического лечения пациента со смежным сегментом поясничного отдела позвоночника после спондилодеза  
*Ryabets M., Zakharov D., Ivanenko A.* — Clinical case of surgical treatment of a patient with an adjacent segment of the lumbar spine after spondilodesis . 188
- Сарсенбаева Г.И.** — Модель оценки рисков в детской кардиохирургии в России  
*Sarsenbayeva G.* — Risk assessment model in pediatric cardiac surgery in Russia ..... 193
- Скорина М.О., Черных М.В., Романов Д.С., Иванов В.А.** — Гипофракционирование в комплексном лечении пациентов с глиобластомами  
*Skorina M., Chernykh M., Romanov D., Ivanov V.* — Hypofractionation in the complex treatment of patients with glioblastomas ..... 198
- Тимербулатов М.В., Ирнараров Ф.Р., Гришина Е.Е., Васильев А.А., Зиганшин Т.М.** — Концепции безопасности и выбор оптимального доступа при эндовидеохирургическом лечении заболеваний надпочечников  
*Timerbulatov M., Irnazarov F., Grishina E., Vasiliev A., Ziganshin T.* — Safety concepts and optimal access selection in endovideosurgical treatment of adrenal diseases..... 207

**Шишко Т.В., Севастьянов А.В., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Борисова О.Д., Фищев С.Б., Шторина А.А., Пуздырева М.Н.** — Особенности угловых параметров зубов при различных трузионных типах зубных дуг  
*Shishko T., Sevastyanov A., Rozhkova M., Pavlova S., Borisova O., Fischev S., Shtorina A., Puzdyreva M.* — Features of angular parameters of teeth with different types of dental arches ..... 213

**Ягафарова Л.Ф., Кабирова М.Ф., Минякина Г.Ф.** — Стоматологический статус пациентов молодого возраста с патологией прикуса

*Yagafarova L., Kabirova M., Minyakina G.* — Dental status of young patients with occlusion pathology ..... 219

**Яшнов А.А., Коновалова О.Г., Яшнова Н.Б., Ханина Ю.С., Пассонен Е.Ю.** — Современные герниопластики паховых грыж (обзор)  
*Yashnov A., Konovalova O., Yashnova N., Hanina J., Passonen E.* — Modern hernioplasty of inguinal hernias (review) ..... 223

Наши авторы ..... 227

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ-КОСМОПОЛИТОВ

## IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF ENDOPHYTIC LESIONS FROM TISSUES OF COSMOPOLITAN PLANTS

Zu. Bisultanova  
Za. Bisultanova  
L. Dodnaeva  
P. Dzhambetova

*Summary. Target.* Isolation and identification of endophytic activities from the cosmopolitan medicinal plants Chicory, Dandelion officinalis, Plantain and Chamomile, growing in the mountainous zone of the Chechen Republic.

*Methods.* For identification, standard methods of isolation from different parts of plants are used using a semi-automatic bacteriological analyzer AutoScan 4 (Siemens, Germany).

*Results.* Isolates from chicory flowers and dandelion leaves are gram(+) bacteria, mainly Staphylococcus sciuri. Isolates from leaves and flowers of chamomile, from stems of chicory, plantain and dandelion are represented by gram(-) bacteria of the genera Pantoea and Enterobacter. Pantoea agglomerans was most often sown. En was isolated in the stems of chicory and plantain. agglomerans, while in the stems of Cichorium intybus, the species was identified in English. carcinogenic. En.r cloacae and P. agglomerans were found in daisy leaves. The greatest diversity of endophytes was observed in plantago major stem isolates (five species). Of the unique species, it is worth noting Cedecaea neteri, found in the leaves of Matricaria chamomilla, a rare human pathogen that can harbor bacteremia.

*Keywords:* endophytic microorganisms, cosmopolitan plants, endophytes, isolates.

**Бисултанова Зура Исановна**

Старший преподаватель, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный  
Zura\_sun@mail.ru

**Бисултанова Зарина Руслановна**

Лаборант-исследователь, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный  
bis-zarina@yandex.ru

**Доднаева Лайла Рамзановна**

Лаборант-исследователь, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный  
dodnaeva.leila@mail.ru

**Джамбетова Петимат Махмудовна**

Док-р биол. наук, профессор,  
Комплексный НИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН, г. Грозный  
Petimat-Ig@rambler.ru

*Аннотация. Цель.* Выделение и идентификация эндофитных микроорганизмов из лекарственных растений космополитов Цикория обыкновенного, Одуванчика лекарственного, Подорожника большого и Ромашки аптечной, произрастающих в горной зоне Чеченской Республики.

*Методы.* Стандартными методами выделяли изоляты из разных частей растений для последующей идентификации с помощью полуавтоматического бактериологического анализатора AutoScan 4 (Siemens, Германия).

*Результаты.* Изоляты из цветков цикория и из листьев одуванчика были представлены Грам(+) бактериями, в основном Staphylococcus sciuri. Изоляты из листьев и цветков ромашки, из стеблей цикория, подорожника и одуванчика представлены Грам(-) бактериями родов Pantoea и Enterobacter. Чаще всего высевалась Pantoea agglomerans. В стеблях цикория и подорожника выделен En. agglomerans, в то время как в стеблях Cichorium intybus доминирующим видом был определен En. cancerogenus. В листьях ромашки были обнаружены En.r cloacae и P. agglomerans. Наибольшее разнообразие эндофитов обнаружено в изолятах стеблей Plantago major (пять видов). Из уникальных видов стоит отметить Cedecaea neteri, обнаруженный в листьях Matricaria chamomilla, редкий патоген человека, который может вызывать бактериемию.

*Ключевые слова:* эндофитные микроорганизмы, растения космополиты, эндофиты, изоляты.

### Введение

Растения являются хозяевами сложных сообществ эндофитных бактерий, которые колонизируют внутреннюю часть как подземных, так и надземных тканей и которые могут обеспечивать многочисленные преимущества для растений-хозяев, адаптируя их к естественной среде обитания [3]. У микроорганизмов, в свою очередь, сформировались особые механизмы адаптации к растениям как к специфической экологической нише. [1, 10]. Доказано, что почти все растения содержат

в себе эндофиты. К настоящему времени только около 1–2 % от всего спектра из 300 000 известных растений изучены на предмет их эндофитного состава [19]. Микроорганизмы — эндофиты способствуют росту растений-хозяев. По данным ряда исследователей полезные эффекты эндофитных микроорганизмов оказываются сильнее, чем у многих ризосферных бактерий, особенно в стрессовых условиях. О благоприятном влиянии эндофитных бактерий на рост и развитие растений, в частности пшеницы, риса, рапса, картофеля, томатов и др. сельскохозяйственных культур сообщалось в многочис-

ленных исследованиях [14, 16]. Эндوفитная популяция в значительной степени зависит от климатических условий и места произрастания растения-хозяина.

Чеченская Республика (ЧР) характеризуется своеобразием природных ландшафтов и природных условий, что способствует формированию здесь особого почвенно-растительного покрова с богатым видовым разнообразием [2]. Однако растения ЧР практически не изучены на предмет эндوفитных микроорганизмов.

Целью настоящего исследования является выделение эндوفитных микроорганизмов из растений космополитов Чеченской Республики.

Колонии бактерий дифференцировали на грамположительные и грамотрицательные стандартными методами для последующей идентификации с помощью полупавтоматического бактериологического анализатора AutoScan 4 (Siemens, Германия).

### Результаты исследования

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 1. В данном исследовании изучались только те изоляты, которые показали рост в условиях *in vitro*. Все найденные морфологически различные изоляты были отобраны для идентификации. Было определены эндوفиты, отнесенные к 17 морфологическим видам (табл. 1).

Таблица 1.

Качественный состав бактерий-эндوفитов растений-космополитов ЧР

| Название растения           | Части растений | грамположительные   | грамотрицательные  |
|-----------------------------|----------------|---|--|
| <i>Taraxacum officinale</i> | листья         | <i>Staphylococcus sciuri</i>  | <i>Pantoea agglomerans</i> (80,91 %),<br><i>E. amnigenus</i> (17,61 %),<br><i>E. intermedius</i> (1,48 %)  |
| <i>Plantago major</i>       | стебель        | —   | <i>Pantoea agglomerans</i> (86,63 %)<br><i>E. amnigenus</i> (6,93 %)<br><i>E. cloacae</i> (3,93 %),<br><i>E. cancerogenous</i> (2,51 %),<br><i>E. sakazakii</i> (2,12 %) |
| <i>Cichorium intybus</i>    | стебель        | —   | <i>Enterobacter cancerogenous</i> (79,77 %)<br><i>E. cloacae</i> (13,58 %),<br><i>P. agglomerans</i> (4,53 %),<br><i>E. sakazakii</i> (2,12 %)                           |
| <i>Cichorium intybus</i>    | цветки         | <i>Micrococcus</i> spp. (96,35 %)<br><i>Staphylococcus auricularis</i> (3,65 %) |  |

| Название растения            | Части растений | грамположительные | грамотрицательные  |
|------------------------------|----------------|-------------------|--|
| <i>Matricaria chamomilla</i> | листья         | —                 | <i>Enterobacter cloacae</i> (68,04 %),<br><i>P. agglomerans</i> (24,45 %),<br><i>Cedecea neteri</i> (7,51 %) |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | цветки         | —                 | <i>Enterobacter cloacae</i> (99,99 %)  |

Изоляты из цветков цикория и из листьев одуванчика были определены как грамположительные бактерии (рис. 1). Изоляты из листьев и цветков ромашки, из стеблей цикория, подорожника и из стебля одуванчика были определены как грамотрицательные палочковидные бактерии, в основном относящиеся к родам *Pantoea* и *Enterobacter*.

Грамположительная флора листьев одуванчика была определена как *Staphylococcus sciuri*, грамотрицательная флора была представлена тремя видами *Enterobacter* и *Pantoea*, из которых доминирующим был *Pantoea agglomerans*, который обычно встречается в растениях как эпи— или эндوفитный симбионт, часто как мутуалист. Несмотря на то, что этот вид также был идентифицирован как причина болезней у ряда культивируемых растений, штамм *Pantoea agglomerans* CPHN2, эндифит некорневых клубеньковых клубеньков, выделенный из *Cicer arietinum*, продемонстрировал множество признаков, стимулирующих рост растений [11]. Цветки и стебли одуванчика роста бактерий не дали. В цветках цикория идентифицированы актинобактерии семейства *Micrococcaceae* (табл. 2), которые считаются важным источником биологически активных соединений для разработки лекарств.

Таблица 2.

Типы бактерий-эндифитов семейства *Micrococcaceae*

| Тип бактерий                        | Пигмент                 | NIT | M-OX | NT | URE |
|-------------------------------------|-------------------------|-----|------|----|-----|
| <i>Dermacoccus nishinomiyaensis</i> | Оранжевый               | ±   | +    | +  | +   |
| <i>Kocuria rosea</i>                | Бледно красно-оранжевый | +   | —    | —  | —   |
| <i>Kocuria varians</i>              | Желтый                  | +   | —    | —  | +   |
| <i>Micrococcus luteus</i>           | Желтый.                 | —   | +    | +  | ±   |
| <i>Micrococcus lylae</i>            | Кремевый                | —   | +    | —  | —   |

NIT — восстановление нитрата до нитрита; M-OX — модифицированная оксидаза; NT — рост на неорганическом азотном агаре; URE — уреазы

Стебли *Cichorium intybus* как и в стебли *Plantago major* были в основном колонизированы *Enterobacter agglomerans*, в то время как в стеблях *Cichorium intybus* доминирующим видом был определен *Enterobacter*

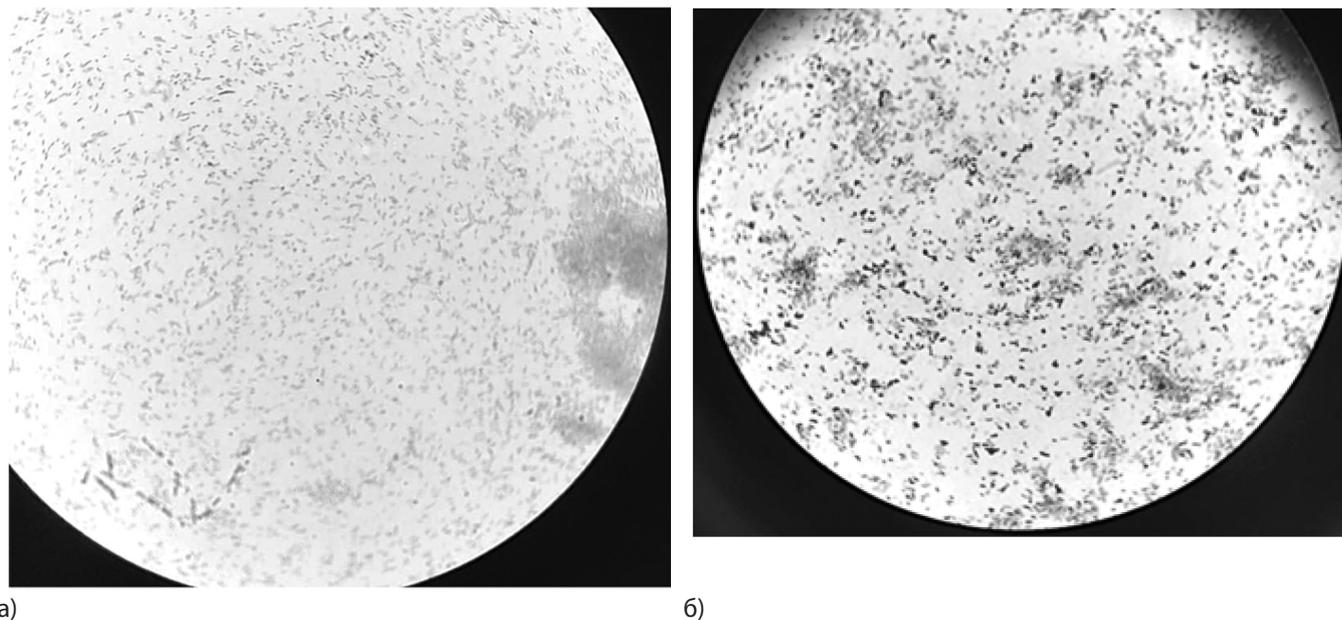


Рис. 1. Грамположительные бактерии листьев *Taraxacum officinale* (а) и цветков *Cichorium intybus* (б)

cancerogenous. В листьях *Matricaria chamomilla* были обнаружены *Enterobacter cloacae* и *P. agglomerans*, тогда как в цветках ромашки аптечной только *Enterobacter cloacae*. *Enterobacter cloacae*, считается обязательным эндофитом пыльцевых зерен средиземноморских сосен. В исследовании Macedo-Raygoza GM (2019) было показано, что *E. cloacae* защищает банановые растения от патогена черной сигатоки [15]

Наибольшее разнообразие эндофитов обнаружено в изолятах стеблей *Plantago major* (табл. 1). В этой части растения было определено до пяти видов эндофитов.

Из уникальных типов стоит отметить *Cedecea neteri*, обнаруженный в листьях *Matricaria chamomilla*, редкий патоген человека, который может вызывать бактериемию [7]. В последнее время также сообщалось о том, что он вызывает мягкую гниль на грибах *Pholiota nameko*, желтую липкую болезнь на грибах *Flammulina velutipes* и желтую гниль *P. pulmonarius* в Китае [13]. А также можно отметить *E. intermedius*, обнаруженный только в листьях одуванчика. Данных о колонизации данным типом бактерий растений в литературе не встречается, есть исследования об обнаружении в почве различных видов *Enterobacteriaceae* [9], что указывает на возможный путь колонизации внутренней среды растений.

### Обсуждение

Эндофитные бактерии — это специализированная группа ризобактерий, способных внедряться во внутренние ткани растения-хозяина, включая надземные и подземные части растений и семена. Эндофитами могут быть как грибы, так и бактерии [18]. Процесс колонизации эндофитами растения хозяина, определяется

набором бактериальных признаков, называемых колонизационными признаками. Эндофиты в процессе внедрения во внутреннюю часть растений проходят этапы колонизации, которые включают как экологические, так и генетические факторы [6].

Некоторые исследователи указали, что эндофиты способствуют росту различных растений-хозяев [3]. В частности, *Bacillus altitudinis* (19RS3 и T5S-T4) из 36 эндофитных спорообразующих бактерий, выделенных из проростков Йерба мате (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), вида, произрастающего в субтропических регионах Южной Америки, оказался перспективным изолятом для использования в качестве биоинокулянта на проростках мате в исследовании американских ученых [12]. Скрининг эндофитных бактерий фармакологически важного лекарственного растения *Gloriosa superba*. способствующих росту растений, что указывает на их важность в качестве потенциальных кандидатов для разработки биоинокулянтов [17]. Заметное улучшение азотфиксации наблюдалось при одновременной вакцинации штаммов неризобияльных эндофитов и *Rhizobium* из корневых клубеньков *Vigna radiata* в недавней работе Dhole AM и его коллег (2023) [8].

Многочисленные исследования показали, что эндофиты действуют как химические синтезаторы вторичных метаболитов растения-хозяина, что позволяет рассматривать эндофиты как биопотенциал фармацевтически важных соединений природного происхождения. Например, таксол-продуцирующий эндофитный гриб *Phoma* sp., выделенный из *Calotropis gigantea*, а также *Aspergillus fumigatus*, эндофитный гриб, обнаруженный в *Moringa oleifera*, продемонстрировал эффективную антибиопленку, антимикробную и антипролиферативную активность [21]. В течение последних нескольких десяти-

тилетий оценивались антибиотические свойства органических экстрактов, полученных из различных эндофитов, с перспективой обнаружения микроорганизмов, являющихся продуцентами новых биологически активных соединений, в результате чего было найдено множество экстрактов со значениями МПК, подходящими для обоснования дальнейших исследований. Совсем недавно были обнаружены эндофиты, которые производят углеводороды, подобные тем, которые содержатся в дизельном и бензиновом топливе [19]. Эндофиты известны тем, что производят пигменты, биологически активные соединения и промышленно важные ферменты, такие как глюканаза, амилаза, лакказ и т.д. Они также играют важную роль в биоразложении и биоремедиации, которые полезны для окружающей среды и экологии [4].

Выделение и характеристика эндофитов является первым исследованием, которое было проведено в Чеченской Республике. Анализ выявил присутствие бактериальных эндофитов у всех видов изученных растений. Вместе

с тем, надо отметить, что было обнаружено несколько неизвестных биотипов. Известно, что популяции эндофитных бактерий зависят от типа питательной среды, которая сильно влияет на численность и разнообразие сообществ эндофитов, бактерий. Выделение эндофитов затруднено и отсутствием данных об их потребностях в питательных веществах, а в некоторых случаях клетки бактерий не поддаются культивированию. Поэтому в настоящее время для анализа бактериального разнообразия используют геномную ДНК (гДНК) из поверхностно стерилизованных растительных тканей и амплификации специфического генного маркера микробов, гена 16S рРНК [5]. Дальнейшие исследования с использованием молекулярных инструментов для идентификации, функциональной и экологической значимости эндофитов у растений в различных экологических и географических условиях ЧР будут иметь большое значение. Тем не менее, результаты настоящего исследования могут быть полезны в качестве основы для подобных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонова М.Н., Потатуркина-Нестерова Н.И., Беззубенкова О.Е. Роль бактериальных симбионтов в растительно-микробных ассоциациях // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. №1 С. 81–84.
2. Гакаев Р.А. Растительный покров высокогорных ландшафтов Чеченской Республики и его современное состояние / Р.А. Гакаев, К.Я. Зухайраева. // Молодой ученый. — 2015. — №16(96). — С.112–117.
3. Afzal, I. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants / I. Afzal, Z. Khan Shinwari, Sh. Sikandar, Sh. Shahzad // Microbiological Research. V. 221, 2019, P. 36–49, ISSN 0944-5013, <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.02.001>
4. Agrawal S, Bhatt A. Microbial Endophytes: Emerging Trends and Biotechnological Applications. *Curr Microbiol.* 2023 22;80(8):249. doi: 10.1007/s00284-023-03349-2.
5. Ali M, Ali Q, Sohail MA, Ashraf MF, Saleem MH, Hussain S, Zhou L. Diversity and Taxonomic Distribution of Endophytic Bacterial Community in the Rice Plant and Its Prospective. *Int J Mol Sci.* 2021 21;22(18):10165. doi: 10.3390/ijms221810165.
6. Compant S, Clément Ch, Sessitsch A Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization // *Soil Biology and Biochemistry*, 42(5), 2010, P 669-678, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.11.024>.
7. Dalamaga, M. Cedecea: an «unknown» pathogen in the family of Enterobacteriaceae-its clinical importance, detection and identification methods. / Dalamaga M., Sotiropoulos GP, Vrioni G., Tsakris A. *Acta Microbiologica Hellenica*, 2014;59(1), 17–28.
8. Dhole AM, Shelat HN, Patel HK, Jhala YK. Evaluation of the Co-inoculation Effect of Rhizobium and Plant Growth Promoting Non-rhizobial Endophytes on *Vigna radiata*. *Curr Microbiol.* 2023 6;80(5):167. doi: 10.1007/s00284-023-03266-4.
9. Glushakova AM, Kachalkin AV, Prokof'eva TV, Lysak LV. Enterobacteriaceae in soils and atmospheric dust aerosol accumulations of Moscow city. *Curr Res Microb Sci.* 2022 4;3:100124. doi: 10.1016/j.crmicr.2022.100124.
10. Haridoim PR, van Overbeek LS, Elsas JD. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends Microbiol.* 2008;16(10):463–71. doi: 10.1016/j.tim.2008.07.008.
11. Kumar P, Rani S, Dahiya P, Kumar A, Dang AS, Suneja P. Whole genome analysis for plant growth promotion profiling of *Pantoea agglomerans* CPHN2, a non-rhizobial nodule endophyte. *Front Microbiol.* 2022 Nov 7;13:998821. doi: 10.3389/fmicb.2022.998821.
12. Laczeski ME, Onetto AL, Cortese IJ, Mallozzi GY, Castrillo ML, Bich GÁ, et al. Isolation and selection of endophytic spore-forming bacteria with plant growth promoting properties isolated from *Ilex paraguariensis* St. Hil. *An Acad Bras Ciênc.* 2020;92:e20181381. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181381>.
13. Liu ZL, Zhou S, Zhang W, Wu S, Chen X, Wang X, Hu H, Chen Q. First report of *Cedecea neteri* Causing Yellow rot Disease in *Pleurotus pulmonarius* in China. *Plant Dis.* 2020. doi: 10.1094/PDIS-09-20-1886-PDN.
14. López Ortega MP, Criollo Campos PJ, Gómez Vargas RM, Camelo Runsinque M, Estrada Bonilla G, Garrido Rubiano MF & Bonilla Buitrago R. 2013. Characterization of diazotrophic phosphate solubilizing bacteria as growth promoters of maize plants. *Rev Colomb Biotecnol* 15(2): 115–123.
15. Macedo-Raygoza GM, Valdez-Salas B, Prado FM, et al. *Enterobacter cloacae*, an endophyte that establishes a nutrient-transfer symbiosis with banana plants and protects against the Black Sigatoka pathogen. // *Microbiol.* 2019; 10:804. doi:10.3389/fmicb.2019.00804.
16. Marag PS, Suman A. Growth stage and tissue specific colonization of endophytic bacteria having plant growth promoting traits in hybrid and composite maize (*Zea mays* L.). // *Microbiol Res.* 2018;214:101–113. doi: 10.1016/j.micres.2018.05.016.

17. Ogale S, Yadav K S, Navale Sh. Screening of endophytic bacteria from the pharmacologically important medicinal plant *Gloriosa superba* for their multiple plant growth promoting properties. *Pharma Innovation* 2018;7(1):208–214
18. Reinhold-Hurek B, Hurek T. Living inside plants: bacterial endophytes. *Curr Opin Plant Biol.* 2011 Aug;14(4):435–43. doi: 10.1016/j.pbi.2011.04.004.
19. Strobel G. The Emergence of Endophytic Microbes and Their Biological Promise. *J Fungi (Basel)*. 2018 May 16;4(2):57. doi: 10.3390/jof4020057.
20. Tizabi D, Hill RT. *Micrococcus* spp. as a promising source for drug discovery: A review, // *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2023, 50(1), kuad017, <https://doi.org/10.1093/jimb/kuad017>
21. Yadav G, Meena M. Bioprospecting of endophytes in medicinal plants of Thar Desert: An attractive resource for biopharmaceuticals. *Biotechnol Rep (Amst)*. 2021 24;30:e00629. doi: 10.1016/j.btre.2021.e00629

---

© Бисултанова Зура Исановна (Zura\_sun@mail.ru); Бисултанова Зарина Руслановна (bis-zarina@yandex.ru);  
Доднаева Лайла Рамзановна (dodnaeva.leila@mail.ru); Джамбетова Петимат Махмудовна (Petimat-ig@rambler.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# К ВОПРОСУ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ПАРАЗИТОЦЕНОЗА КИШЕЧНИКА ОБСЛЕДОВАННЫХ ГБУЗ «ПСКОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПСИХИАТРИИ И НАРКОЛОГИИ»<sup>1</sup>

TO THE ISSUE OF ANTIBIOTIC RESISTANCE  
OF INTESTINAL PARASITOCENOSIS  
OF THE EXAMINED GBUZ «PSKOV  
REGIONAL CLINICAL CENTER  
OF PSYCHIATRY AND NARCOLOGY»

*N. Bugero  
N. Ilyina  
S. Aleksandrova  
A. Klinkovsky*

*Summary.* The problem of antibiotic resistance to antiprotozoal drugs in persons with psychiatric disorders is outlined for the first time. Studies on the relationship between antibiotic resistance and weakening of the immune status of the organism associated with the use of antipsychotic drugs are presented. The possibility of the influence of the studied factors on the composition of intestinal microflora is shown.

*Keywords:* antibiotic resistance, parasitocenosis, blastocysts, psychiatric disorders, antipsychotic drugs.

**Бугеро Нина Владимировна**

Доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»  
bugero@mail.ru

**Ильина Наталья Анатольевна**

Доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»  
ilina@mail.ru

**Александрова Светлана Михайловна**

К.х.н., доцент,  
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»  
superkandidat@rambler.ru

**Клионковский Александр Игоревич**

Аспирант,  
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»  
klionkovskiy@mail.ru

*Аннотация.* Впервые обозначена проблема антибиотикорезистентности к антипротозойным препаратам у лиц с психическими расстройствами. Приведены исследования по изучению взаимосвязи между антибиотикорезистентностью и ослаблением иммунного статуса организма, связанного с применением антипсихотических средств. Показана возможность влияния изучаемых факторов на состав микрофлоры кишечника.

*Ключевые слова:* антибиотикорезистентность, паразитоценоз, бластоцисты, психические расстройства, антипсихотические средства.

## Введение

Одной из современных проблем здравоохранения в мире является антибиотикорезистентность. Основные причины развития антимикробной резистентности связаны с формированием устойчивости патогенных и условно-патогенных микроорганизмов к противомикробным препаратам, с образованием защитных структур в виде биопленок, которые характеризуются повышенной устойчивостью к цитокинам (эффекторы иммунной системы), с выявлением в геномах бактерий «патогенных островков» с антибиотикорезистентными генами повышенной скорости передачи, с утратой энзиматических систем, продуцируемых живыми бактериальными клетками. На сегодняшний день антибиотикорезистентность определяют как «вновь появившееся смертельное заболевание» [1]

Учёные из Ирландии выяснили, что препараты для лечения депрессий и других расстройств психики оказывают влияние на состав микрофлоры кишечника. Для исследования были взяты группы лабораторных крыс, каждая из которых состояла из восьми животных. Ежедневно каждая группа получала порцию лекарственного препарата: лития, вальпроата, прозака (флуоксетина) и эсциталопрама. Контрольная группа крыс получала только чистый корм без добавок. Грызуны принимали препарат в течение четырёх недель, по завершении которых учёные исследовали микробиологический состав их кишечника. Как оказалось, психоактивные лекарства действительно влияют на состояние кишечного микробиома. Так, у животных в группах, принимавших вальпроат и литий, в кишечнике повысилось количество клостридий [3].

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема «Молекулярно-генетические детерминанты персистенции простейших *Blastocystis* spp. в формировании инфекционного процесса (FSNS-2023-0009)»).

В последние десятилетия во многих научных публикациях показана большая роль патогенных микроорганизмов в возникновении кишечных инфекций. Особенно отличается напряженная эпидемиологическая обстановка по паразитарным инфекциям. Несмотря на это, уровень заболеваемости паразитарными инвазиями и их значение для здравоохранения остаются недооцененными. Среди причин сохранения такой ситуации — сложности специфической диагностики, отсутствие четкой системы учета заболеваемости, недостаточные знания врачей и населения. Известно более 50 видов простейших, вызывающих заболевания человека и паразитирующих в различных органах и тканях.

К наиболее распространённым видам относятся *Entamoeba histolytica* (Дизентерийная амеба) — возбудитель амебиоза, или амебной дизентерии. Локализуется в начальных отделах толстого кишечника. Основным методом диагностики дизентерийной амебы служит микроскопия мазка фекалий, однако, в настоящее время, более эффективно обнаружение ДНК *Entamoeba histolytica* в фекалиях методом ПЦР [4], [5]. Симптоматические инфекции, вызванные дизентерийной амебой, поддаются лечению Метронидазолом, Тинидазолом. Эффективным также является препарат Нитазоксанид. [6] *Giardia lamblia* — жгутиковый одноклеточный микроорганизм, вызывающий вспышки диарейных заболеваний во всем мире. По данным ВОЗ лямблиозы поражают до 10 % взрослого и 20 % детского населения. Инфицирование человека происходит при попадании в организм цист из загрязненных водоемов, пищи, которые, при взаимодействии с кислой средой желудка превращаются в трофозоиты и населяют проксимальные отделы тонкой кишки. Лямблиоз можно лечить с помощью препарата Тинидазола, механизм действия которого основан на токсическом поражении ДНК простейшего. Эффективны в отношении *Giardia lamblia* также Метронидазол, Нитазоксанид, Альбендазол.

В настоящее время широко распространен бластоцитоз — протозооз, вызванный паразитированием *Blastocystis hominis* преимущественно в толстой кишке. Род *Blastocystis* представлен множеством морфологически схожих субтипов, из которых наиболее изучены 17. У человека чаще всего встречаются субтипы ST1, ST2 и ST3. Некоторые исследования показывают, что представители различных субтипов отличаются по патогенному потенциалу и степени чувствительности к антипротозойным препаратам. Возбудитель бластоцитоза характеризуется отсутствием клеточной стенки, многоядерностью, анаэробными свойствами. Бластоцисты имеют округлую форму размером 2–40 мкм. Чаще всего встречаются клетки размером 5–15 мкм. Стадии развития простейшего включают в себя амебоидную форму, прецистную форму и цисту. Передается возбудитель от зараженных животных и птиц. Основной метод диа-

гностики *Blastocystis hominis* — микроскопическое исследование кала [7]. Варианты терапии возбудителя включают Нитазоксанид, Метронидазол, Йодохинон [6].

Как и к любым антимикробным препаратам у простейших со временем формируется устойчивость к антипротозойным препаратам. В частности, устойчивость анаэробных простейших (*G. lamblia* и *E. histolytica*) к нитроимидазолам (Метронидазол) обусловлена снижением уровня экспрессии ферредоксина, донора электронов для активации антипротозойных препаратов. Проводились исследования чувствительности *Blastocystis hominis* к таким препаратам как Метронидазол, Тинидазол, Орнидазол. Были получены результаты, доказывающие, что наименьшей резистентностью данный возбудитель обладает к Тинидазолу и (чуть большей) к Метронидазолу. Препарат Орнидазол оказался наименее эффективен в отношении *Blastocystis hominis* вследствие развития эффективных механизмов резистентности [8].

Связывая антибиотикорезистентность с физиологией человека, становится интересным изучение этого явления на примере паразитоценоза кишечника лиц, проходивших лечение в ГБУЗ «Псковский областной клинический центр психиатрии и наркологии», поскольку данная категория лиц была выбрана впервые. Кроме того, публикаций на тему паразитоценоза кишечника человека в Псковской области достаточно мало.

Основной целью исследований является выявление устойчивости к антибактериальным препаратам при оценке паразитоценоза кишечника у лиц, находящихся в зоне риска.

#### Материалы и методы исследования

На базе ГБУЗ «Псковский областной клинический центр психиатрии и наркологии» был проведен обзор медицинских карт пациентов, проходивших лечение в период с мая 2022 по февраль 2023 года. В частности, анализировались результаты бактериологических посевов, предназначенных для выявления возбудителя, результаты микробиологических исследований, а также результаты исследований на чувствительность к антибиотикам. Выборка составила 40 медицинских карт.

Технология определения чувствительности возбудителей к антибиотикам проведена диско-диффузионным методом и включала в себя нанесение исследуемой бактериальной суспензии на поверхность агара в чашке Петри (обычно  $1-2 \times 10^8$  КОЕ/мл), а также помещение стандартизированных дисков с антибиотиками. В результате диффузии диска в агар формируется зона подавления роста микроорганизмов. В качестве объективного показателя используют диаметр зоны вокруг диска (в мм), измеренный после инкубации чашек Петри в термостате

при температуре 35–37°C в течение 24 часов. В зависимости от диаметра зоны подавления роста различают следующие степени чувствительности штаммов: Высокочувствительные (зона подавления роста > 25 мм), Чувствительные (15...25 мм), Малочувствительные (10...15 мм), Устойчивые (< 10 мм) [9].

Для обнаружения простейших, в том числе бластоцист, были использованы как методы традиционной микроскопической диагностики, так и микроскопические методы. Микроскопия мазков кала, окрашенных раствором Люголя, проводилась с соблюдением всех требований к приготовлению препарата (МУК 4.2.735-99). Антибиотикорезистентность определялась стандартным диско-диффузионным методом.

В исследовании использовался статистический метод, на основе которого были получены приведенные ниже результаты. В частности, применялся выборочный метод. Для обработки данных использовались основные инструменты программы Microsoft Office Excel 2010.

Для настоящего исследования выбрана группа лиц, которым назначались в качестве лечения и профилактики антипсихотические средства (галоперидол, тизерцин, аминазин и др. нейролептики), оказывающие влияние на качественный и количественный состав микрофлоры кишечника. Обследованные относятся к группе риска, поскольку имеют повышенную вероятность возникновения дисбаланса в микрофлоре кишечника, которая является индикатором состояния здоровья.

Было обследовано 40 человек, в возрасте от 18 до 65 лет, средний возраст — 33 года. Лиц мужского пола зарегистрировано 27 человек (67,5 %), женского 13 (32,5 %). Анализ медицинских карт пациентов с 2022 по май 2023 г., показал наличие в исследуемых группах ряда заболеваний. К ним относятся заболевания нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительных систем, что составило 31,2±3,2 %, 26,7±1,4 % и 19,8±1,9 % соответственно, последующие места в разной последовательности занимали заболевания органов дыхания, кожи.

Дальнейшие исследования были проведены независимо от пола и возраста. Анализируя паразитоценоз кишечника, обследованных пациентов, выявлено (рис. 1), что зараженность пациентов кишечными паразитами составила 32,5 % (13 человек) из них простейшими 27,5 % (11 человек) и гельминтами 5 % (2 человека).

Определено, что в кишечнике обследуемых с паразитоценозом лиц входят следующие виды паразитов: из простейших — *Blastocystis hominis* (52,8 %), *Lamblia intestinalis* (30,8 %), из гельминтов — *Enterobius vermicularis* (15,4 %). Ниже представлена диаграмма, показывающая видовой состав паразитоценоза кишечника респондентов (рис. 2).

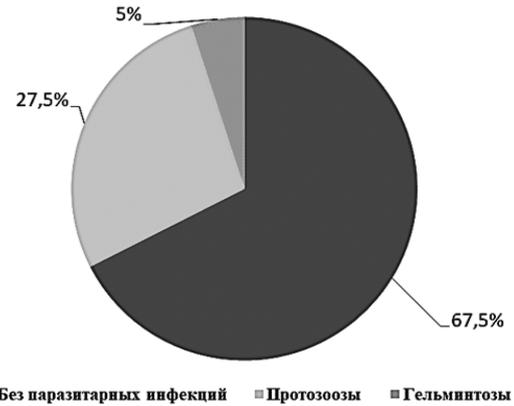


Рис. 1. Распределение респондентов относительно выявленных у них паразитарных заболеваний кишечника, %

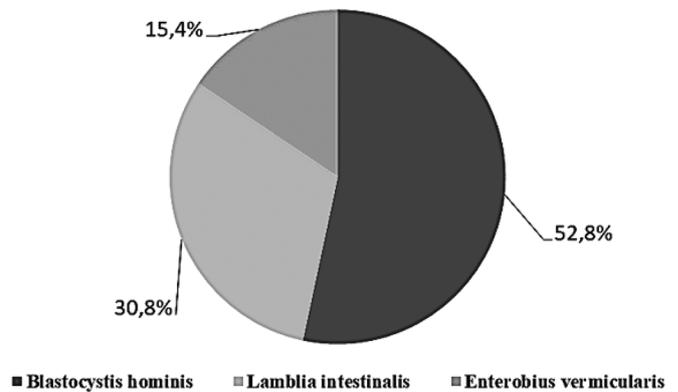
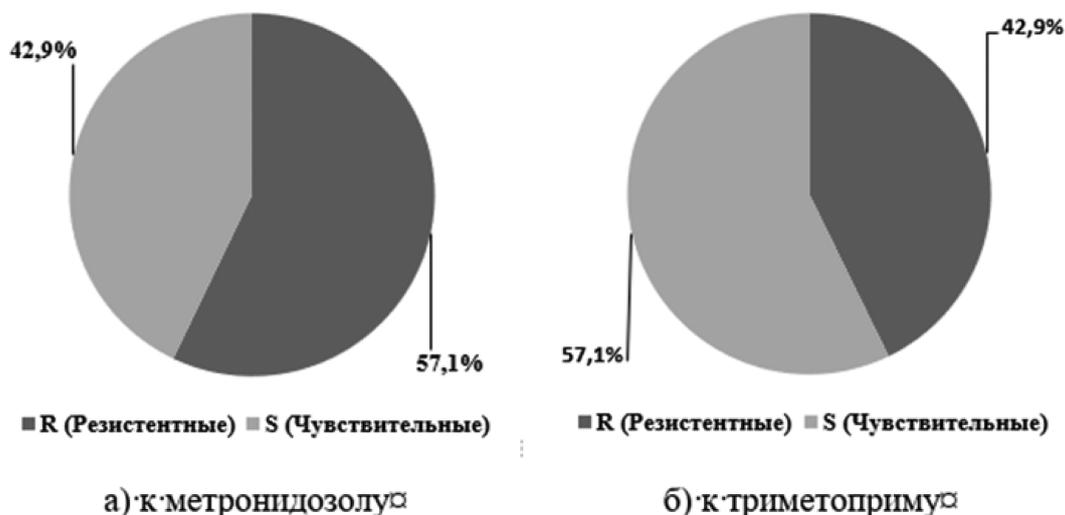


Рис. 2. Видовой состав паразитоценоза кишечника респондентов, %

Среди паразитарных микроорганизмов наибольшее распространение в данном исследовании имеет *Blastocystis hominis*. Следовательно, было решено изучить резистентность данного паразита к таким антипротозойным препаратам как: Метронидазол, Триметоприм. В работе использовали трехсуточную и семисуточную культуру *Blastocystis hominis*. В эти сроки отмечен их максимальный рост, концентрация простейших составила 1–2 млрд/мл. Исследование проводилось диско-диффузионным методом.

Изучение антибиотикорезистентности показало, что чувствительность к Метронидазолу проявляли 42,9 % штаммов бластоцист, а к триметоприму 57,1 %, остальные штаммы были резистентными к этим видам протозойных препаратов. С целью более полного понимания чувствительности бластоцист к протозойным препаратам было проведено исследование по определению минимальной ингибирующей концентрации. Для метронидазола она составила 10<sup>-3</sup> мг/мл, а к триметоприму была отмечена чувствительность даже при разведении 10<sup>-4</sup> мг/мл (рис. 3).

Рис. 3 — Чувствительность исследованных штаммов *Blastocystis hominis* к лекарственным препаратам

### Выводы

Впервые обозначена проблема антибиотикорезистентности к антипротозойным препаратам у лиц с психическими расстройствами. Наиболее встречаемым паразитом кишечника обследованных Псковского областного клинического центра психиатрии и наркологии является *Blastocystis hominis*. Изучение антибиотикорезистентности показало, что все выделенные штаммы бластоцист у лиц с различными психическими расстройствами проявляли чувствительность к различным антипротозойным препаратам, а именно, к метронидазолу — 42,9 % штаммов бластоцист, к триметоприму — 57,1 %, остальные штаммы были резистентными к этим видам

протозойных препаратов. Определена минимальная ингибирующая концентрация для антипротозойных препаратов, которая для метронидазола составила —  $10^{-3}$  мг/мл, для триметоприма —  $10^{-4}$  мг/мл. Выявлена достаточно высокая устойчивость к антибактериальным препаратам (метронидазол, триметоприм) у штаммов бластоцист, выделенных у лиц с психическими расстройствами. Возможно, что применение антипсихотических средств оказывает воздействие на нормальную микрофлору кишечника обследованных, что сопровождается нарушением качественного и количественного видового состава микроорганизмов, на фоне выявленного обсеменения простейшими *Blastocystis hominis*.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Courvalin P. Why is antibiotic resistance a deadly emerging disease? // Clin. Microbiol. Infect. — 2016. — No 22. — P. 405–7.
2. Маталыгина О.А. Антибиотикорезистентность как широкий и многогранный биологический феномен // Медицина: теория и практика. — 2020. — Т.5. — №3. — С. 39–44.
3. Психоактивные препараты по-разному влияют на бактерии в кишечнике <https://normoflorin.ru/psihoaktivnye-preparaty-po-raznomu-vliyayut-na-bakterii-v-kishechnike/>.
4. Большая медицинская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. акад. Б. В. Петровский. — 3-е изд. — Москва: Сов. энциклопедия, 1974–1989. — Т. 6: Гипотериоз — Дегенерация. — 1977. — 632 с.
5. Ito A., Budke C. Genetic Diversity of *Taenia solium* and its Relation to Clinical Presentation of Cysticercosis // The Yale journal of biology and medicine. — 2021. — No 7. — 94(2). — P. 343–349.
6. Kappagoda S., Singh U., Brian G. Antiparasitic Therapy // Mayo Clin Proc. — 2011. — No 6. — 86(6). — P. 561–83. doi: 10.4065/mcp.2011.0203.
7. Бугеро Н.В. Влияние условий литейного производства на микробиоценоз кишечника человека. — Ульяновский государственный университет, 2004. — 137 с.
8. Ильина Н.А., Касаткина Н.М. Чувствительность *Blastocystis hominis* к антипротозойным препаратам // Вестник ОГУ — 2010. — №12. — С. 38–41.
9. Сизенцов А.Н. Методы определения антибиотикопродуктивности и антибиотикорезистентности: методические указания к лабораторному практикуму / Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. — 102 с.
10. Савченко К.Ю. Антибиотикорезистентность: факторы, механизмы и способы борьбы с явлением // Молодой ученый. — 2020. — № 22 (312). — С. 431–433.
11. Клиническое значение биологической резистентности к бета-лактамам антибиотикам / Н.В. Гафнер, И.В. Ливерко, Ш.М. Ахмедов и др. // Молодой ученый. — 2018. — № 10.1. — С. 9–12.

© Бугеро Нина Владимировна (bugero@mail.ru); Ильина Наталья Анатольевна (ilina@mail.ru);  
Александрова Светлана Михайловна (superkandidat@rambler.ru); Клионковский Александр Игоревич (klionkovskiy@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МНОГОЛЕТНЯЯ СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БЕЛОГО МОРЯ

## LONG-TERM STABILITY OF THE WHITE SEA LITTORAL INVERTEBRATE SIZE-AGE STRUCTURE

A. Zorina  
G. Shklyarevich

*Summary.* In this work, we studied patterns in the age-related variability of size characteristics of four common invertebrate species (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) on the Cape Turie, Porya Bay, Luvenga, Ryashkov littoral zone in Kandalaksha Bay for the period 1998–2021. *Mytilus edulis* is characterized by the greatest age diversity: from 0+ to 14+ at all studied sites. The greatest growth of *Semibalanus balanoides* occurs in the first year. For all studied species, a linear pattern was established, reflecting the general tendency for the size characteristics of individuals to increase with age, regardless of the littoral zone location. The revealed linear relationship reflects the incompleteness of the species growth processes, the absence of mussel jars aging and their constant rejuvenation under the influence of a birds that intensively feed on invertebrates. Thus, the long-term stability of four species size-age structure, which are the most important trophic components of the White Sea shallow-water ecosystems, is shown within the specially protected natural area of the Kandalaksha Nature Reserve.

*Keywords:* invertebrates, shallow-water marine ecosystems, long-term stability, species size and age structure, reserve.

**Зорина Анастасия Александровна**

Кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»  
zor-nastya@yandex.ru

**Шкляревич Галина Андреевна**

Доктор биологических наук, профессор, независимый исследователь  
zor-nastya@yandex.ru

*Аннотация.* В данной работе изучены закономерности в возрастной изменчивости размерных характеристик четырех массовых видов беспозвоночных животных (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) на литорали Турьего мыса, Порьей губы, Лувеньги, о. Ряшков в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг. Наибольшим возрастным разнообразием характеризуется *Mytilus edulis*: от 0+ до 14+ на всех исследованных полигонах. Максимальный прирост *Semibalanus balanoides* происходит в первый год жизни. Для всех изученных видов установлена достоверная линейная закономерность, отражающая общую тенденцию увеличения размерных характеристик особей с возрастом вне зависимости от расположения литоральной зоны. Выявленная зависимость отражает незавершенность ростовых процессов изученных видов, отсутствие старения мидиевых банок и их постоянное омоложение благодаря высокой численности птиц, которые питаются беспозвоночными. Таким образом, показана многолетняя стабильность размерно-возрастной структуры четырех видов, являющихся важнейшими компонентами трофической составляющей мелководных экосистем Белого моря в пределах особо охраняемой природной территории Кандалакшского заповедника.

*Ключевые слова:* беспозвоночные, мелководные морские экосистемы, многолетняя стабильность, размерно-возрастная структура, заповедник.

**М**елководные экосистемы северных морей одновременно характеризуются своей высокой продуктивностью и хрупкостью. Проблемы их сохранения усложняются интенсивным антропогенным воздействием на отдельные компоненты и структуру в целом (например, трофическую) и текущими климатическими изменениями [1].

Острова Белого моря — это места гнездования более 100 тысяч морских и прибрежных птиц, кормежки и отдыха во время весеннего и осеннего пролетов миллионов водоплавающих и околководных представителей, линьки десятков тысяч различных морских и речных уток [1]. Среди них особо выделяется обыкновенная гага (*Somateria mollissima* Linnaeus, 1758), как наиболее многочисленная птица северных широт [6]. Потребляемая взрослыми птицами за год общая масса беспозвоночных животных на Белом море составляет от 20 до 30 тыс. т;

на долю моллюсков приходится 17–25 тыс. т [3]. В список беспозвоночных, которыми питается гага обыкновенная, входит как минимум 53 вида или 38 % беспозвоночных животных (из 104 видов) и 11 % водорослей (из 12 видов) беломорской мелководной заповедной акватории. Выявлены и другие виды морских и речных уток (например, 5 видов куликов и 3 вида чаек) в рацион питания которых входят беспозвоночные, но их роль в обеспечении стабильности данных видов несопоставимо мала [2, 4, 10].

Исследования трофической структуры прибрежных экосистем показывают высокую взаимосвязь видов «морской зообентос — птицы, рыбы и другие морские и прибрежные околководные животные». Консументы возвращают метаболиты в окружающую среду, о чем свидетельствует продуктивность водных сообществ, что в целом представляет собой неразрывную единую жи-

вую экосистему [10]. Однако поддержание целостности и многолетней стабильности подобных экологических отношений сохраняется только в заповедных мелководных акваториях благодаря высокой численности птиц, интенсивно кормящихся беспозвоночными. Под действием негативных факторов среды (антропогенных, климатических) колебания численности трофических компонентов могут сопровождаться их полной гибелью. Наглядный пример — исчезновение отдельных мидиевых банок по окончании их жизненного цикла, при этом элиминированные экосистемы мидий восстанавливаются по истечении довольно продолжительного времени [10].

В рамках данного исследования рассмотрена многолетняя изменчивость размерно-возрастных характеристик четырех массовых видов беспозвоночных животных заповедной мелководной зоны Кандалакшского залива за период 1998–2021 гг. с целью подтверждения стабильности структуры сообществ в условиях минимального антропогенного воздействия.

### Материал и методы

Для сбора исходных данных общепринятые методы морских гидробиологов [7, 13]. Работа проводилась в период 1998–2021 гг. на заповедной литорали Кандалакшского залива. Четыре мониторинговых полигона были выбраны для многолетних исследований: Турий мыс, Порья губа, Лувеньга и о. Ряшков.

Одна из самых распространенных гильдий (отдельная группа функционально сходных видов, сильно взаимодействующих друг с другом и слабее с остальными видами и сообществами экосистемы) в Кандалакшском заповеднике — «*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 + *Somateria mollissima* Linnaeus, 1758» [9, 11].

Характеристика полигонов и особенности отбора проб:

- плоские песчано-каменистые участки разной степени заиленности грунта;
- равномерные плотные локальные поселения *Mytilus edulis*;
- размер 100–400 м<sup>2</sup>;
- в среднем и нижнем горизонтах литорали;
- ежегодный сбор проб в первой половине июля;
- ежегодный отбор 5 проб с каждого участка;
- случайное определение места отбора проб;
- размер пробной площади для каждого вида — 0.1 м<sup>2</sup>;
- глубина грунта пробных площадей — 15–20 см;
- *Semibalanus balanoides* осторожно и тщательно срезались скальпелем с поверхности камней.

Первичная обработка проб проводилась сразу после их отбора: грунт промывали морской водой через

сито (ячейки 1 мм<sup>2</sup>), все животные разбирались по видам, подсчитывались, сушились на фильтровальной бумаге, взвешивались. Беспозвоночные до 500 мг взвешивались с точностью до 0.001 г, остальные — до 0.01 г (по стандартной методике).

Кроме мидий и баянусов мониторинговыми объектами отнесли два вида брюхоногих моллюсков *Littorina obtusata* Linnaeus, 1758 и *Littorina saxatilis* Olivi, 1792, которые также являются важными трофическими компонентами беломорских мелководных экосистем [9].

Обработка данных проводилась в программах Excel, STATGRAPHICS и PAST. Для наглядного представления результатов применения регрессионного анализа на графиках строили линию тренда с уравнением и величиной достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) [5].

### Результаты

Была проведена обработка многолетних данных (с 1998 до 2021 гг.) по изменению размерных характеристик массовых видов мелководных беспозвоночных животных в зависимости от возраста для всех полигонов: Турий мыс, Порья губа, Лувеньга, о.Ряшков. Пример подобных результатов для дальнейшего анализа представлен в таблице 1.

В сборах проб соотношение особей *Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis* и *Mytilus edulis* разных возрастов на обследованных территориях в разные годы существенно менялось. Например, максимальный размах возрастной изменчивости для *Semibalanus balanoides* составил от 0+ до 9+ на полигоне Турьего мыса, при этом в 2014 году представлены все особи всех возрастов, кроме однолетних, тогда как в 2002 г. — только животные 1+ и 2+.

С учетом всех обследованных полигонов возрастная изменчивость *Littorina obtusata* укладывается в 10 лет (от 0+ до 10+), но все одиннадцать возрастных категорий нигде не встречаются. Максимальное разнообразие наблюдается на литорали о.Ряшков в 2003 г.: от 1+ до 8+ и 10+, но преобладают данные за два года жизни особей. В то же время в определенные года отбора проб особей *Littorina obtusata* обнаружено не было, например, на акватории Турьего мыса в 2003–2005 гг. и в 2015 г. Возраст *Littorina saxatilis* меняется от 0+ до 10+, при этом особи всех 11-и лет были собраны на мелководье в Лувеньге в 2004 году и не были обнаружены в 1999 г. (табл. 1).

Наибольшим возрастным разнообразием на всех обследованных полигонах характеризуется *Mytilus edulis*: от 0+ до 14+ (табл. 1), но ни на одном из них полный возрастной ряд представлен не был. Например, в 1998 г. на литорали Лувеньги собраны особи практически

Таблица 1  
Изменение размерных характеристик массовых видов ракушек массовых видов мелководных беспозвоночных животных в зависимости от возраста на полигоне в Лувенье

| Год \ Возраст                                 | 0+  | 1+         | 2+         | 3+         | 4+         | 5+         | 6+         | 7+         | 8+         | 9+         | 10+        | 11+        | 12+        | 13+        | 14+        |
|---|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|   | Изменение высоты ракушки <i>Littorina saxatilis</i> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 1998 г.                                       | 3,18±0,14   | 4,15±0,09  | 4,86±0,14  | 7,17±0,44  | 8,00±0,10  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 1999 г.                                       | -   | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2000 г.                                       | 3,00±0,01   | 3,80±0,25  | 4,50±0,10  | -          | 5,50±0,10  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2001 г.                                       | 1,55±0,05   | 1,87±0,14  | 2,94±0,09  | 3,63±0,18  | 4,61±0,15  | 5,28±0,08  | 6,50±0,20  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2002 г.                                       | 0,63±0,09   | 1,40±0,19  | 2,01±0,18  | 3,51±0,22  | 4,20±0,14  | 5,40±0,20  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2003 г.                                       | 1,50±0,53   | 1,90±0,23  | 2,25±0,15  | 3,77±0,28  | 4,74±0,17  | 5,88±0,20  | 6,35±0,25  | 7,77±0,34  | 9,03±0,03  | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2004 г.                                       | 1,20±0,01   | 2,00±0,01  | 2,50±0,28  | 3,50±0,21  | 4,50±0,23  | 5,80±0,30  | 6,80±0,10  | 7,60±0,01  | 8,40±0,31  | 11,20±0,01 | 13,20±0,01 | -          | -          | -          | -          |
| 2005 г.                                       | -   | 2,40±0,40  | 3,55±0,29  | 4,90±0,31  | 7,00±0,38  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2006 г.                                       | -   | -          | 3,20±0,23  | 6,65±0,45  | 9,40±0,10  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2007 г.                                       | -   | 1,86±0,06  | 2,57±0,12  | 5,20±0,10  | 5,40±0,11  | 6,80±1,00  | 6,95±0,05  | 8,88±0,59  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2008 г.                                       | -   | -          | 3,55±0,45  | 4,23±0,13  | 4,83±0,18  | 6,10±0,06  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2009 г.                                       | -   | -          | 3,40±0,10  | 4,50±0,17  | 5,90±0,20  | 7,56±0,19  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2010 г.                                       | -   | -          | 4,15±0,05  | 4,50±0,29  | 5,20±0,11  | -          | -          | 8,00±0,11  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2011 г.                                       | -   | -          | 4,10±0,06  | 4,30±0,11  | 5,90±0,21  | 6,50±0,15  | 8,00±0,11  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2012 г.                                       | -   | 2,10±0,06  | 3,40±0,20  | 4,80±0,32  | 5,70±0,31  | 6,40±0,16  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2013 г.                                       | -   | 2,55±0,16  | 3,03±0,25  | 5,01±0,22  | 6,77±0,11  | 7,20±0,26  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2014 г.                                       | -   | -          | 3,00±0,12  | 3,90±0,25  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2015 г.                                       | -   | -          | -          | 5,13±0,13  | 6,00±0,23  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2016 г.                                       | 3,00±0,20   | 3,50±0,32  | -          | 5,00±0,13  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2018 г.                                       | -   | -          | 6,50±0,46  | 8,05±0,65  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2019 г.                                       | -   | -          | 6,45±0,33  | 7,77±0,47  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 2021 г.                                       | 2,77±0,12   | 4,38±0,13  | 5,00±0,50  | 6,55±1,55  | 6,50±0,16  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| Изменение длины ракушки <i>Mytilus edulis</i> |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 1998 г.                                       | 3,97±0,19   | 6,67±0,25  | 10,50±0,00 | 12,83±1,45 | 18,33±0,59 | 22,41±0,44 | 25,08±0,51 | 26,25±0,25 | -          | 28,5±0,20  | 30,22±0,30 | 32,79±0,24 | 35,13±1,20 | 35,50±0,00 | 39,50±0,00 |
| 1999 г.                                       | 3,60±0,36   | 7,98±0,10  | 10,41±0,27 | 12,86±0,18 | 15,67±0,40 | 21,01±0,63 | 24,75±0,47 | 29,45±0,60 | 31,69±1,15 | 32,33±0,99 | 35,33±0,24 | 40,20±0,10 | -          | -          | -          |
| 2000 г.                                       | 6,14±0,13   | 11,33±0,24 | 15,11±0,22 | 18,41±0,19 | 21,14±0,33 | 23,37±0,36 | 26,17±0,52 | 28,08±0,57 | 32,00±1,00 | 31,50±0,10 | 38,00±0,10 | 44,00±0,10 | -          | 51,00±0,10 | -          |
| 2001 г.                                       | 3,96±0,13   | 7,00±0,11  | 10,14±0,10 | 13,76±0,09 | 16,89±0,16 | 21,24±0,25 | 25,22±0,85 | 30,10±1,46 | 29,57±1,04 | -          | 39,00±1,00 | -          | -          | -          | -          |

|         |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |   |   |   |   |            |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|---|---|---|------------|
| 2002 г. | 2,96±0,15 | 5,69±0,17  | 9,71±0,17  | 14,46±0,11 | 18,56±0,12 | 22,60±0,34 | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2003 г. | 2,44±0,16 | 4,76±0,18  | 9,22±0,41  | 12,50±0,24 | 17,58±0,31 | 20,56±0,35 | 23,27±0,39 | 23,97±0,77 | 23,40±3,30 | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2004 г. | 2,47±0,17 | 4,83±0,13  | 7,08±0,16  | 11,28±0,34 | 15,25±0,39 | 20,80±0,46 | 24,67±0,47 | 26,61±1,00 | 30,60±1,11 | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2005 г. | 3,62±0,23 | 4,20±0,01  | 5,79±0,14  | 9,68±0,18  | 12,18±0,26 | 15,60±0,19 | 18,12±0,22 | 19,76±0,23 | 20,44±0,39 | 22,72±0,25 | 24,42±0,46 | 27,33±0,63 | 29,72±0,90 | —          | — | — | — | — | —          |
| 2006 г. | 3,95±0,17 | 8,17±0,12  | 10,12±0,15 | 13,38±0,10 | 16,17±0,14 | 18,81±0,21 | 21,35±0,25 | 23,83±0,42 | 24,73±1,85 | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2007 г. | 4,84±0,43 | 9,04±0,19  | 13,36±0,21 | 17,21±0,24 | 19,53±0,28 | 21,81±0,29 | 24,56±0,26 | 27,28±0,48 | 30,75±0,25 | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2008 г. | 4,21±0,16 | 10,64±0,21 | 16,20±0,13 | 19,26±0,09 | 22,08±0,19 | 26,71±0,24 | 31,65±1,65 | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2009 г. | 4,58±0,13 | 9,63±0,18  | 11,70±0,15 | 13,96±0,18 | 16,99±0,21 | 16,49±0,79 | 22,65±0,30 | 24,01±0,35 | 25,09±0,91 | 26,21±0,78 | 30,10±0,25 | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2010 г. | 3,61±0,10 | 7,79±0,13  | 12,44±0,15 | 17,05±0,19 | 21,29±0,27 | 25,09±0,46 | 28,19±0,42 | 31,75±0,92 | 34,20±0,11 | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2011 г. | 3,83±0,15 | 5,88±0,23  | 8,34±0,25  | 11,47±0,23 | 13,47±0,28 | 17,08±0,18 | 18,90±0,20 | 20,61±0,32 | 23,22±0,38 | 25,34±0,64 | 26,51±0,42 | 27,16±0,77 | 30,63±0,52 | 32,10±0,66 | — | — | — | — | —          |
| 2012 г. | 5,00±0,15 | 9,50±0,31  | 11,50±0,32 | 13,05±0,35 | 15,95±0,21 | 17,50±0,11 | —          | 39,20±0,11 | —          | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | 45,50±0,15 |
| 2013 г. | 4,39±0,26 | 7,38±0,13  | 8,98±0,11  | 9,84±0,11  | 14,29±0,41 | 15,48±0,22 | 16,67±0,40 | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2014 г. | 4,20±0,11 | 7,57±0,11  | 10,12±0,14 | 12,58±0,15 | 15,35±0,16 | 18,82±0,39 | 21,50±0,50 | 27,03±0,85 | 26,27±0,91 | 28,42±0,57 | 31,60±0,60 | 41,70±0,20 | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2015 г. | 3,00±0,16 | 7,82±0,18  | 16,23±0,22 | 22,10±0,51 | 28,19±1,71 | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2016 г. | 3,45±0,17 | 5,31±0,12  | 8,45±0,19  | 12,63±0,37 | 16,99±0,44 | 20,09±0,54 | 24,41±0,61 | 28,29±1,32 | 29,27±0,99 | 34,03±2,19 | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2018 г. | 4,34±0,30 | 6,01±0,29  | 7,50±0,18  | 11,30±0,13 | 15,48±0,45 | 20,44±0,53 | 23,72±0,92 | 28,33±1,27 | 27,67±1,15 | 33,23±1,00 | 37,44±1,25 | 40,90±1,45 | 40,40±2,80 | 39,00±0,40 | — | — | — | — | —          |
| 2019 г. | 4,21±0,05 | 6,62±0,12  | 8,38±0,10  | 11,12±0,11 | 14,27±0,13 | 18,00±0,19 | 21,71±0,41 | 25,41±0,82 | 29,93±0,66 | 33,75±0,43 | —          | 42,90±0,40 | —          | —          | — | — | — | — | —          |
| 2021 г. | 4,33±0,15 | 8,00±0,20  | 10,02±0,13 | 13,17±0,18 | 16,33±0,23 | 21,15±0,62 | 22,93±0,54 | 25,47±1,67 | 31,37±1,00 | —          | —          | —          | —          | —          | — | — | — | — | —          |

В 2017 и 2020 годах сбор материала не проводился.

Источник: Составлено автором

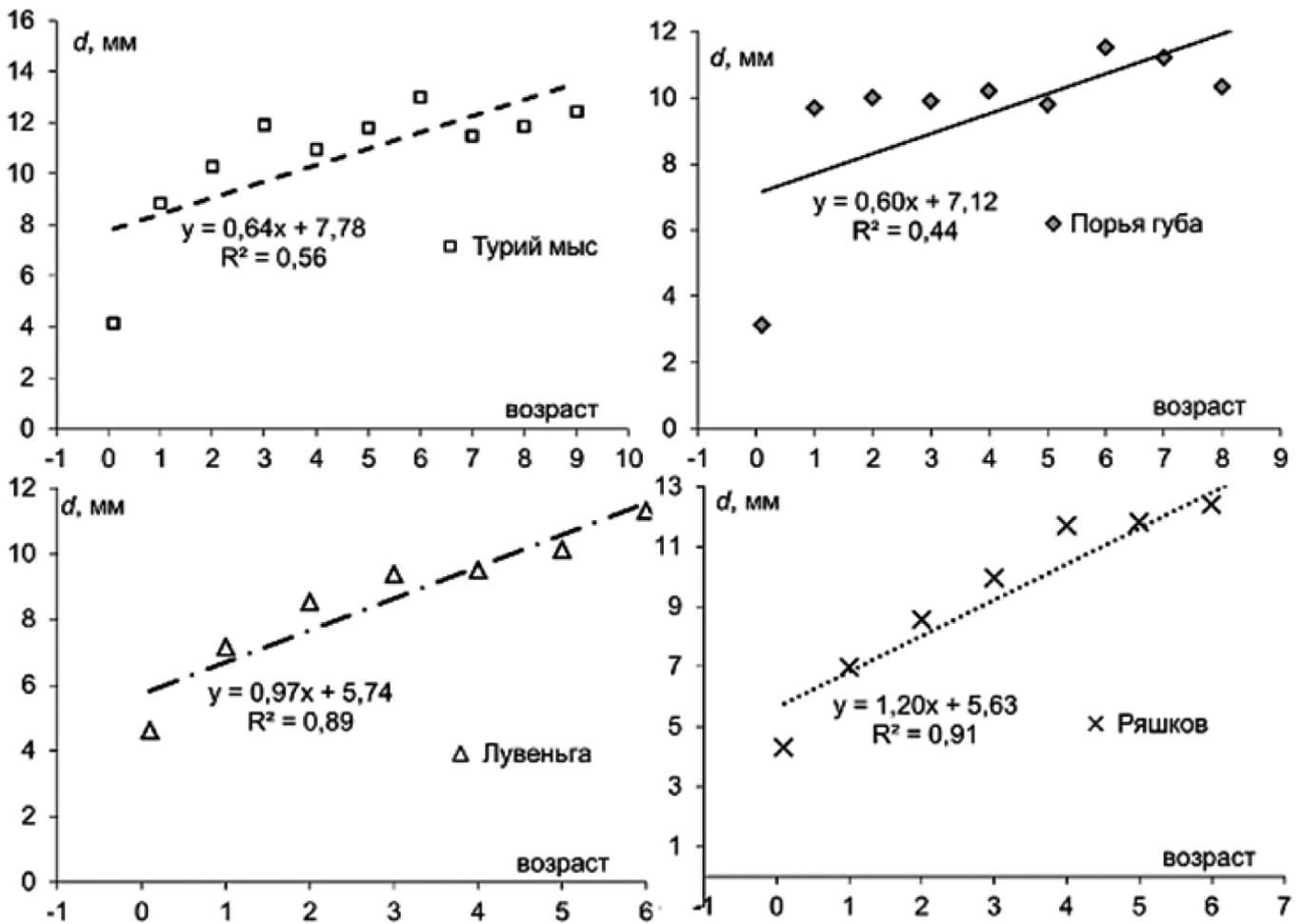
всего указанного возрастного диапазона, кроме 8+, а в 2011 г. — кроме 14+ (табл. 1).

Для выявления или подтверждения зависимости размерных характеристик мелководных беспозвоночных животных от возраста использовался ранговый коэффициент корреляции Спирмена (большинство выборок не соответствуют закону нормального распределения). Поэтому, несмотря на величины аппроксимации, наши статистические выводы не всегда соответствовали достоверности  $R^2$  на графиках. Например, с помощью регрессионного анализа для *Semibalanus balanoides* с полигонов Турьего мыса и Порьей губы выявлена достоверная, но средняя линейная зависимость диаметра особей от их возраста (рис. 1). Однако на величину  $R^2$  и построение линейной регрессии существенное влияние оказывает большая разница между текущим (0+) и первым (1+) годами жизни, тогда как в последующие годы достоверных изменений нет. Это подтверждается результатами применением коэффициента Спирмена ( $p > 0.05$ , рис. 1).

Для *Semibalanus balanoides* с литоральной зоны Лувеньги и о.Ряшков выявлена достоверная линейная зависимость ( $p < 0.05$ ), характеризующая постепенное увеличение диаметра особей с возрастом. Однако сохраняется выявленная ранее закономерность: наибольший прирост животных в первый год жизни (рис. 1).

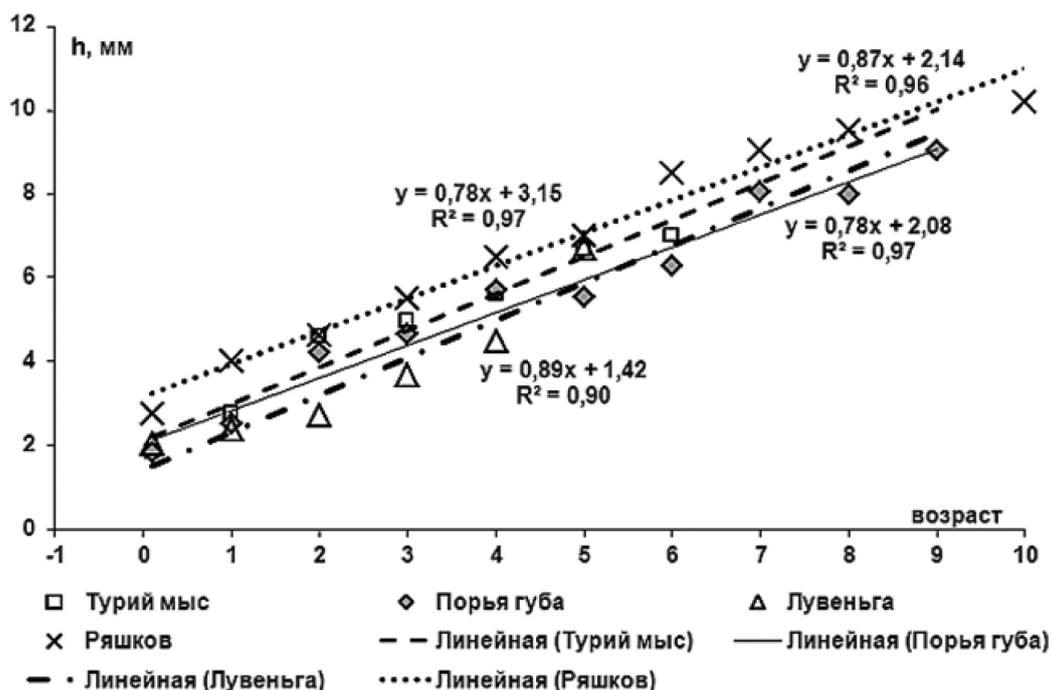
При изучении изменчивости высоты раковины ( $h$ , мм) *Littorina obtusata* на всех полигонах в Кандалакшском заливе (Турый мыс, Порья губа, Лувеньга, Ряшков) за период 1998–2021гг. была установлена достоверная сильная линейная зависимость ( $p < 0.05$ , рис. 2) высоты раковины особей от их возраста: чем старше особь, тем выше раковина.

Аналогичная положительная достоверная линейная зависимость ( $p < 0.05$ , рис. 3) высоты раковины от возраста особей была выявлена для *Littorina saxatilis* со всех исследуемых литоральных участков в Кандалакшском заливе Белого моря с 1998 по 2021 г. Размах изменчивости между разными мелководными зонами залива для дан-



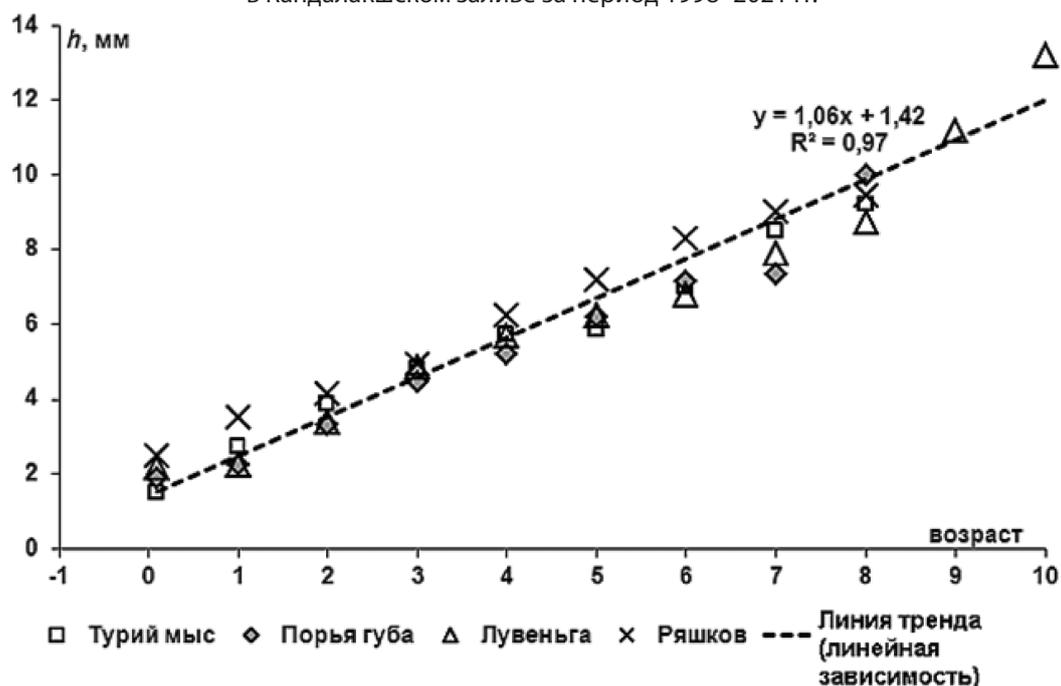
Источник: составлено автором

Рис. 1. Изменение диаметра ( $d$ , мм) *Semibalanus balanoides* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.



Источник: составлено автором

Рис. 2. Изменение высоты раковины ( $h$ , мм) *Littorina obtusata* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.

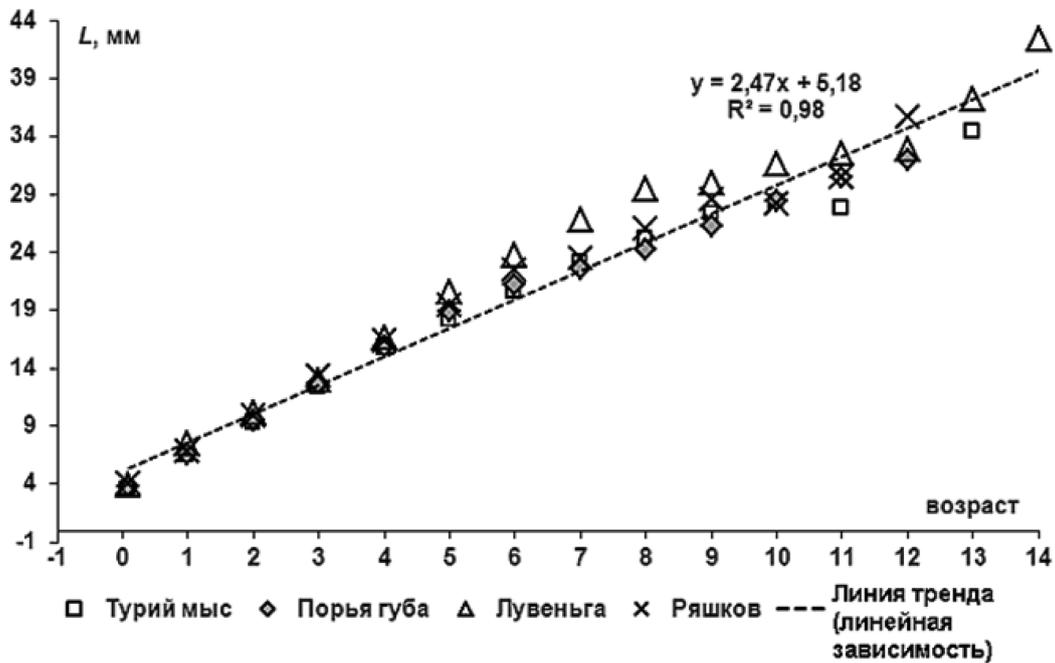


Источник: составлено автором

Рис. 3. Изменение высоты раковины ( $h$ , мм) *Littorina saxatilis* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.

ной зависимости оказался намного ниже, построенные линии тренда по основным параметрам существенно не изменялись. Поэтому на графике отражена усредненная линейная закономерность, отражающая общую тенденцию изменчивости признака с возрастом (рис. 3).

Несмотря на разные размерные характеристики видов мелководных беспозвоночных, как и в случае *Littorina saxatilis*, для разновозрастных особей *Mytilus edulis* была установлена положительная достоверная линейная зависимость ( $p < 0.05$ ) и построен усредненный тренд изменчивости длины раковины особей от их воз-



Источник: составлено автором

Рис. 4. Изменение длины раковины (L, мм) *Mytilus edulis* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.

раста (рис. 4). В возрасте 0+ до 6+ размах изменчивости признака между особями из разных исследовательских полигонов (Турий мыс, Порья губа, Лувеньга, Ряшков) оказался минимальным. Начиная с 7-летнего возраста изменчивость увеличивается, в основном за счет данных по Лувеньге. Хочется отметить, что полный ряд данных по особям от 0+ до 14+ лет был собран только на полигоне Лувеньги. Увеличение размаха изменчивости не оказывает достоверного влияния на выявленную закономерность: чем старше особь, тем длиннее раковина (рис. 4).

### Обсуждение

Двустворчатые моллюски мидии *Mytilus edulis* — самый массовый представитель, живущий на литорали и в верхней sublиторали Белого моря [1]. На мониторинговых полигонах сообщества мидий из 10–15 видов и групп беспозвоночных составляют основную трофическую компоненту мелководных экосистем. Количественные показатели *Mytilus edulis*, как доминанта, на порядок и более превосходят плотность и биомассу всех других членов сообщества. К субдоминантам относятся *Gammarus* sp. Fabricius, 1775, *Limecola balthica* Linnaeus, 1758, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Hydrobia ulvae* Pennant, 1777, *Nematodes* g. sp., *Oligochaeta* g. sp. На возвышающихся каменистых фракциях обитают усоногие ракообразные баянусы. Второстепенными видами сообщества мидий являются: *Lineus* sp. Gunnerus, 1770, *Sternula albifrons* Pallas, 1764 и *Polydora* sp. Bosc d'Antic, 1802; остальные случайные [1, 10, 14].

Межгодовая изменчивость биомассы мидий зависит от абиотических факторов окружающей среды (например, ледовая ситуация в осенне-зимне-весенние периоды и колеблющаяся термогалинная составляющая гидрологического режима), а также от биотических внутри- и межвидовых отношений на разных участках Кандалакшского залива [13]. Если наблюдается слабое влияние птиц и рыб, то мидиевые поселения в большей степени разреживаются льдом. Восстановление поселений мидий происходит за счет регулярно оседающей из планктона молоди [12].

Исследованные участки мидиевых поселений в пределах заповедника характеризуются разнообразием видов животных (от беспозвоночных до рыб, птиц и крупных млекопитающих). Подобные гильдии используют плотные мидиевые поселения в качестве трофического компонента. Хищническая деятельность всех членов «мидиевой» гильдии [11] оказывает прореживающее воздействие, вызывает положительное омолаживающее влияние на исследованные мидиевые поселения и их сообщества. Выведание мидий птицами приводит к непрерывной стабильности мелководных беломорских экосистем [10]. Это доказывается достоверным увеличением размерных характеристик особей беспозвоночных из мидиевых сообществ с возрастом вне зависимости от их вида (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) и расположения литоральной зоны (Турий мыс, Порья губа, Лувеньга и о. Ряшков). Установленная зависимость характеризует незавершенность ростовых процессов беспозвоночных, отсутствие

старения мидиевых банок и их постоянное омоложение, что обеспечивает многолетнюю стабильность размерно-возрастной структуры тех видов, которые являются важными компонентами трофических экосистем мелководий Белого моря в пределах особо охраняемой природной территории.

За пределами заповедника с низкой численностью птиц, например, на мысе Картеш Губа Чупа (ББС ЗИН АН), многолетние наблюдения более 30 лет за мидиевыми банками показали четкую цикличность в 6–12 лет, а по завершении их цикла — полную гибель [8]. Таким образом, при отсутствии влияния естественных факторов и нормального функционирования их «гильдий» сукцессионные процессы приводят к старению мидий и, в конечном счете, полной гибели вида-эдификатора мидии и организуемых ею сообществ [15].

### Заключение

Размерно-возрастной состав мониторинговых объектов является важной интегральной характеристикой состояния трофической составляющей беломорских мелководных экосистем. Чрезвычайно важно продолжать регистрировать эти показатели непрерывно в дальнейшем с целью определения качества или «состояния здоровья» окружающей среды в Кандалакшском заповеднике.

В данной работе изучены закономерности в возрастной изменчивости размерных характеристик четырех массовых видов беспозвоночных животных (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) на литорали Турьего мыса, Порьей губы. Лувеньги, о. Ряшков в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 г.

Для всех изученных видов установлена линейная закономерность, отражающая общую тенденцию увеличения размерных характеристик особей с возрастом. Показана многолетняя стабильность размерно-возрастной структуры четырех исследованных видов.

В результате наших исследований на мониторинговых полигонах была выявлена многолетняя стабильность трофической составляющей беломорских мелководных экосистем. Охраняемые мелководные сообщества беспозвоночных животных являются репродуктивным резерватом и гарантом сохранности биоразнообразия Белого моря в целом.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность администрации Кандалакшского заповедника и коллегам его научного отдела за благожелательную поддержку и техническую помощь при выполнении данной работы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики / Под ред. Беликова С.Е., Горина С.Л., Иванова А.Н. и др. М.: WWF России, 2011. 64 с.
2. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования / Под ред. Бергрер В.Я. СПб.: ЗИН. 1995. Ч. 2. 250 с.
3. Бианки В.В., Бойко Н.С., Нинбург, Е.А., Шкляревич Г.А. Питание обыкновенной гаги Белого моря // Экология и морфология гаг в СССР. М.: Наука, 1979. С. 126–170.
4. Бианки В.В. Птицы Белого моря. Автореферат дис. . . . докт. биол. наук. СПб, 1993. 50 с.
5. Коросов А.В. Специальные методы биометрии. Петрозаводск: ПетрГУ, 2007. 364 с.
6. Краснов Ю.В., Шкляревич Г.А., Горяев Ю.В. Географическая и сезонная изменчивость питания обыкновенной гаги *Somateria mollissima* на Белом море // Экологические исследования беломорских организмов. Материалы 2-й международной конференции 18–22 июля 2007. СПб: ЗИН РАН. С. 62–63.
7. Кусакин О.Г. Население литорали // Океанология. Биология океана. Биологическая структура океана. Т.1. М.: Наука, 1977. С. 174–178.
8. Луканин В.В., Наумов А.Д., Федяков В.В. Поселения мидий: постоянное непостоянство // Природа. № 11. 1990. С. 56–62.
9. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа // Исследования фауны морей. Вып. 59 (67). СПб.: Зоологический институт РАН, 2006. С. 1–351.
10. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря (эколого-фаунистический анализ). Автореферат дис. . . . докт. биол. наук. СПб., 2004. 52 с.
11. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. 399 с.
12. Силина А.Е., Прокин А.А. Изменение трофической структуры донных сообществ в сукцессионном ряду водоемов усманского бора // Трофические связи в водных сообществах и экосистемах. Материалы Международной конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН и др. 2003. С. 113–114.
13. Шкляревич Г.А. Межгодовая динамика массовых видов бентоса на литорали островов Кандалакшского залива Белого моря // Биология моря. 1980. № 5. С. 26–32.
14. Шкляревич Г.А. Таксономическая и биогеографическая структура литоральных беспозвоночных Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря // Журн. Принципы экологии. 2013. № 4. С. 39–56.
15. Шкляревич Г.А., Моисеева Е.А. Антропогенное влияние регулируемого сброса пресных вод из систем ГЭС в Белое море на мелководных беспозвоночных // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 8 (153). 2015. С. 46–51.

# АНАЛИЗ ХОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ ГРУППЫ *FORMICA RUFA* В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Козлова Анастасия Александровна**

Аспирант, Нижегородский научно-исследовательский университет им. Н.И. Лобачевского  
akatoe-nn@yandex.ru

## ANALYSIS OF THE CHOROLOGICAL STRUCTURE OF THE *FORMICA RUFA* GROUP COMPLEXES IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION USING GEOINFORMATION SYSTEMS

**A. Kozlova**

*Summary.* This article discusses the application of geoinformation systems in the study of the spatial distribution of anthill complexes of the *Formica rufa* group in the Nizhny Novgorod region. Mapping and analysis were performed on the basis of the Russian geoinformation GIS software «Аксиом». When performing analytical operations, clusters of complexes were identified, partially geographically coinciding with certain forest-growing areas of the region, characterized by high completeness and reduced forest bonitet.

*Keywords:* red forest ants, anthill complexes, forest-growing zoning, GIS «Аксиом», spatial distribution, distribution polygons, overlapping layers.

*Аннотация.* В настоящей статье рассматривается применение геоинформационных систем в изучении пространственного распределения комплексов муравейников группы *Formica rufa* по Нижегородской области. Картографирование и анализ выполнялись на базе российского геоинформационного ПО ГИС «Аксиома». При выполнении аналитических операций были выявлены скопления комплексов, частично территориально совпадающие с определенными лесорастительными районами области, характеризующимися высокой полнотой и сниженным бонитетом леса.

*Ключевые слова:* рыжие лесные муравьи, комплексы муравейников, лесорастительное районирование, ГИС «Аксиома», пространственное распределение, полигоны распределения, перекрывание слоев.

### Введение

**Р**ыжие лесные муравьи (группа *Formica rufa*) отличаются способностью образовывать не одиночные муравейники, а комплексы муравейников различного масштаба (от малых к обширной). Способность данной группы муравьев образовывать комплексы предположительно обусловлена рядом факторов (ландшафтных, почвенных, лесорастительных, климатических и т. д.) на территории заселенных ими фитоценозов. В настоящем исследовании проводится проверка зависимости географического распределения комплексов муравейников от ландшафтных условий в лесных сообществах Нижегородской области).

Ранее проведенные исследования позволили предположить, что на границе фитоценозов, образованных на полесских ландшафтах в большей степени представлены «полосы сгущения», скопления крупных комплексов. Была создана картосхема их распределения по территории Среднего Поволжья. Тем не менее, причина их формирования в данный момент однозначно не определена.

В настоящей работе анализ пространственного распределения комплексов муравейников группы *Formica*

*rufa* проводится при помощи геоинформационных систем [1; 4]. Данный метод включает в себя не только цифровое картографирование населенных муравьями фитоценозов, но и аналитические операции, позволяющие выявить случайность или закономерность текущей картины их расселения. Обработка данных осуществляется в геоинформационном ПО «ГИС Аксиома».

Таким образом, в настоящем исследовании проводится проверка следующей гипотезы: комплексные поселения рыжих лесных муравьев распределены по растительным сообществам Нижегородской области не случайно, а в зависимости от принадлежности фитоценозов к определенным ландшафтным районам.

### Физико-географическая характеристика района исследования

Нижегородская область — это одна из наиболее крупных центральных областей России. Ока и Волга разделяют территорию Нижегородской области на два, почти равных по величине физико-географических района: справа к берегам этих рек спускается северо-западный край Приволжской возвышенности, слева простираются низменные песчаные равнины. Территория Нижегородской области, находясь на стыке разных природных зон,

в целом имеет переходные черты, отличаясь значительным разнообразием природных условий. Они различаются по ландшафту, геологическим и климатическим условиям, по почвам, растительному покрову, животному миру. Несмотря на то, что природно-климатические условия сохранения экологического равновесия в Нижегородской области весьма разнообразны, они несут на себе большинство характерных черт, присущих регионам европейской части России. Принадлежность отдельных частей территории Нижегородской области к нескольким природным зонам обуславливает и вариативность параметров допустимого антропогенного воздействия на природную среду [2].

Общий рельеф Нижегородской области представляет собой волнистую, местами всхолмленную равнину, которая долинами рек Волги и Оки разделяется на две части — южную возвышенную и северную низменную. Коренное плато Заволжья по характеру представляет собой слегка волнистую равнину со сглаженными мягкими формами рельефа, полого наклоненную на юг в сторону р. Волги. Зоны активного карста приурочены к правобережью рек Волга и Ока и левобережью реки Ока. Наиболее значительные по площади участки активного карста расположены на юге и в центральной части области. В очень сложных условиях находятся территории крупнейшего химического центра страны — города Дзержинска и прилегающих к нему территорий. На левобережье реки Волги активные карстовые процессы отсутствуют (см. рис. 1) [11].

Большая часть Нижегородской области расположена в зоне смешанных (хвойно-мягколиственных) и широколиственных лесов на серых лесных, в меньшей степени дерново-подзолистых почвах. Фитоценозы северных районов области можно отнести к южной тайге, для них характерно преобладание дерново-подзолистого и подзолистого типов почв. Преобладающими лесообразующими породами являются хвойные (сосна обыкновенная, ель европейская), реже — лиственные. Кроме того, следует отметить наличие крупных лесных массивов в особо охраняемых природных территориях региона (Керженском заповеднике, Пустыньском, Тонкинском заказниках и т.д.) (см. рис. 2) [11].

Согласно Лесному плану Нижегородской области на 2019–2029 гг. и оценке состояния лесных фитоценозов региона Федеральным агентством лесного хозяйства по формам государственного лесного реестра ГЛР №2 и ГЛР № 5 (распределение лесных ресурсов по преобладающему типу породы, возрасту, группе полноты и классу бонитета леса), большинство растительных сообществ региона являются средневозрастными, высокополнотными (средний показатель сомкнутости кроны составляет 0,8–0,9) и средне-, реже низкобонитетными (3–4 классы продуктивности) [10].

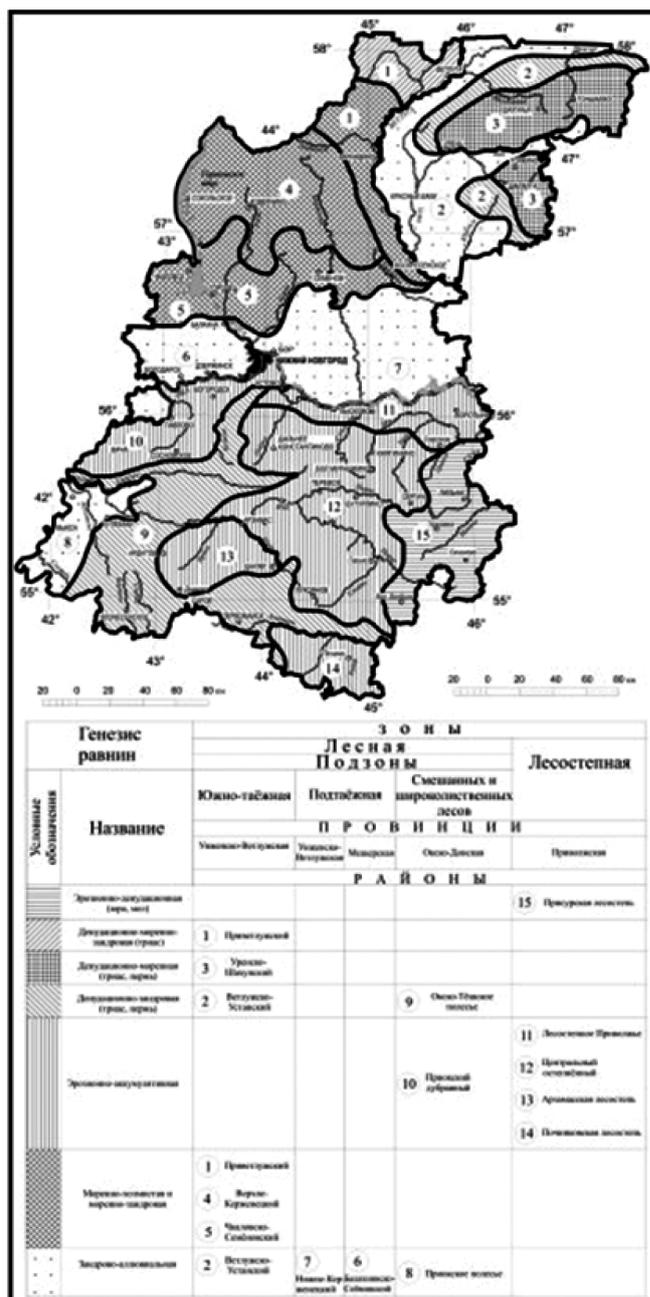


Рис. 1. Картограмма ландшафтного районирования Нижегородской области (Мининзон, 2023)

Такие лесорастительные условия можно назвать благоприятными для образования крупных комплексов муравейников, поскольку формирование комплексов может занимать более 10 лет и более типично для приспевающих лесов. Также состояние леса определяется в т.ч. ландшафтными и почвенными факторами, что оказывает влияние и на распределение комплексов в их пределах.

### Материалы и методы

В качестве основного материала настоящего исследования послужили результаты полевых сборов (2005–

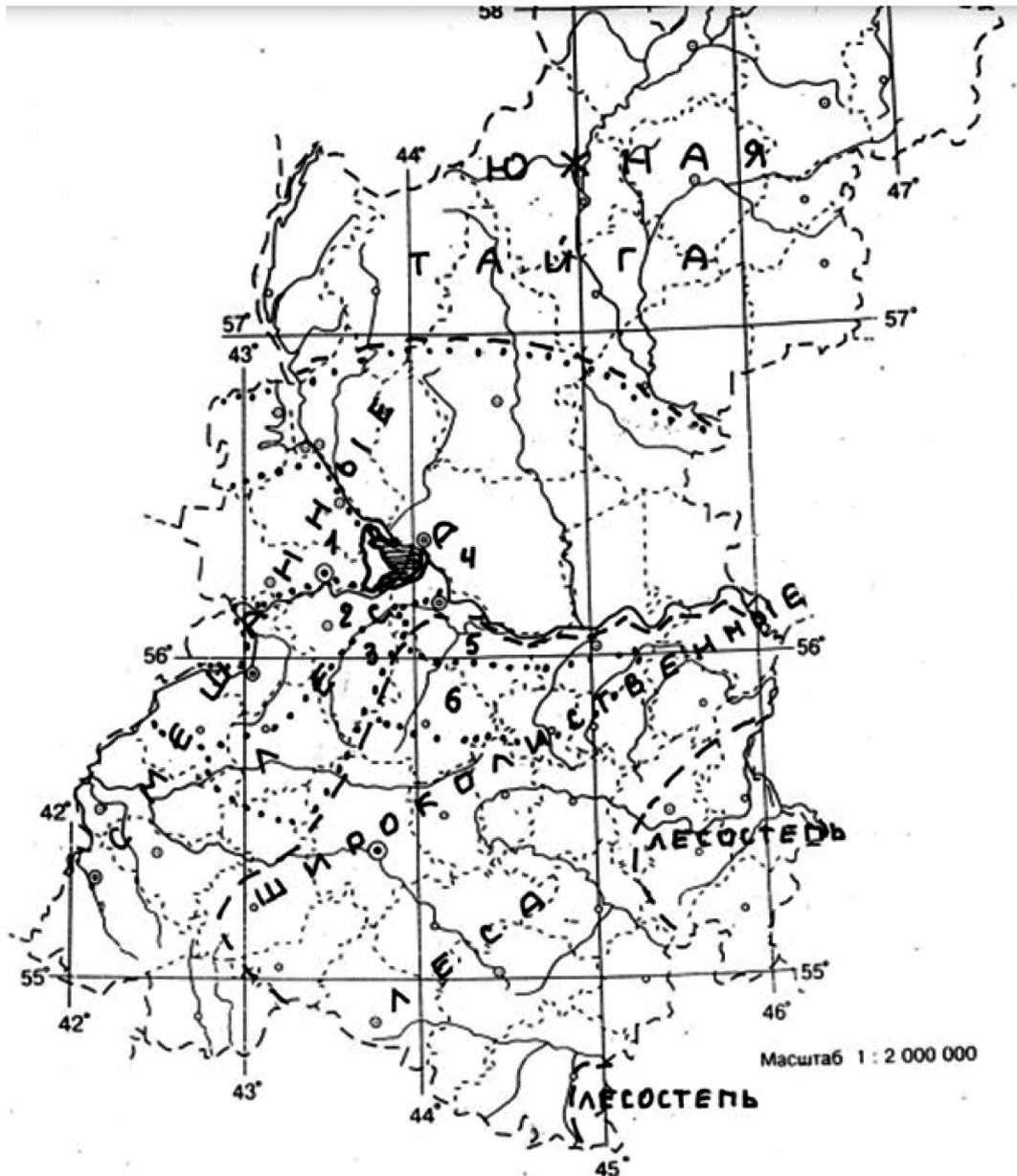


Рис. 2. Картограмма природного зонирования Нижегородской области (Мининзон, 2023)

2007, 2014, 2022 гг.) работников и студентов ННГУ [7; 8; 9; 12]. Были собраны данные по 4 видам муравьев — *Formica rufa*, *F. aqulonia*, *F. polyctena* и *F. lugubris*, представленные в виде 162 точек на цифровой карте, где каждой точке соответствует поселение разного размера. Применяется следующая градация размеров комплексов муравейников: малый (>10 муравейников), средний (10-30), крупный (<30) и обширный (<90) муравейников [6].

Точки, содержащие данные по каждому поселению, выгружаются в виде отдельного слоя на цифровую карту ПО «ГИС Аксиома» (см. рис. 3) [4]. В дальнейшем при помощи инструмента «Конвертация слоя» точки объединяются в полигоны, занимающие все заселенные муравьями районы Нижегородской области. Это необходи-

мо для получения визуальной картины распределения комплексов (более обширные полигоны соответствуют большим по размеру комплексам).

В дальнейшем на карту также экспортируются пространственные слои, содержащие физико-географические характеристики региона (см. предыдущий раздел) — границы природных зон, ландшафтных и почвенных районов Нижегородской области. Эти слои представлены полигонами уже в исходном виде, что облегчает поиск зависимости между географическими параметрами и распределением комплексов муравейников. Используя инструмент «Перекрытие слоев», можно обнаружить совпадение между локализацией крупного комплекса и его территориальной привязке

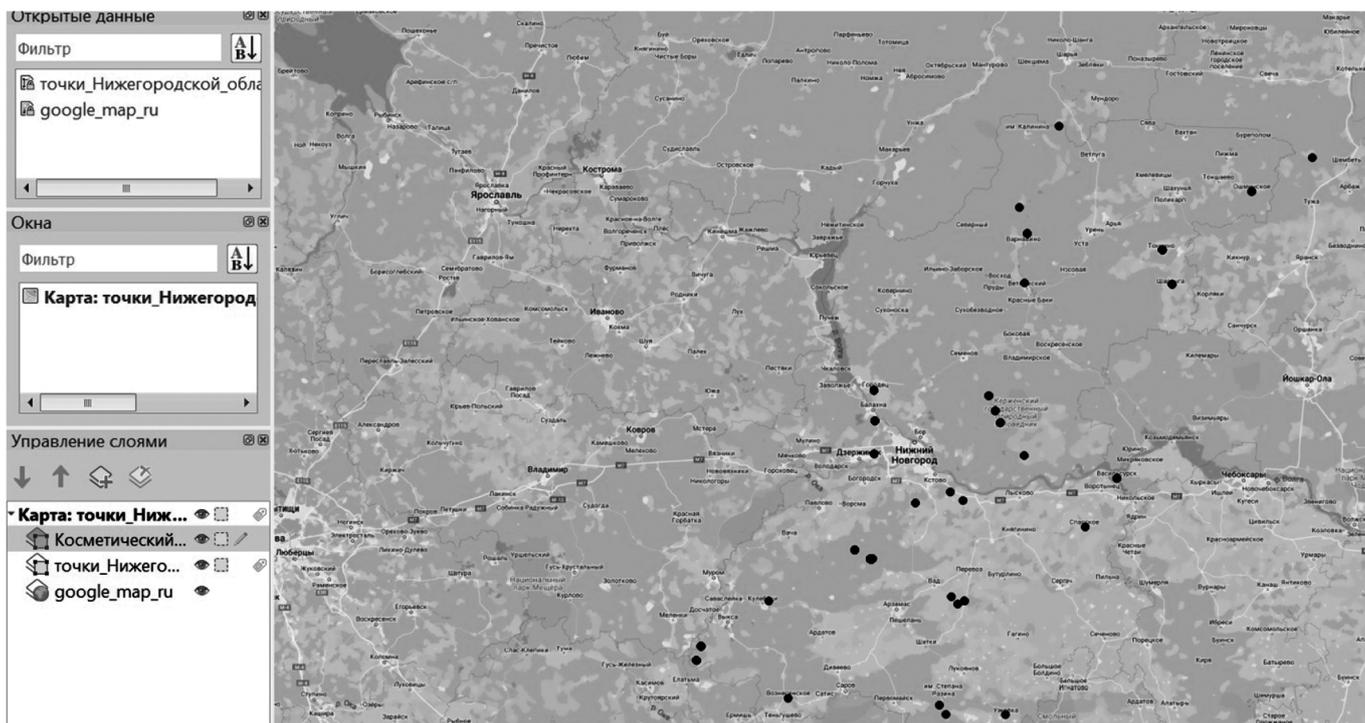


Рис. 3. Точечное распределение поселений группы *Formica rufa* на карте ПО «ГИС Аксиома»

к определенному лесорастительному, ландшафтному или почвенному району.

Проверка статистической достоверности данных проводится с помощью созданной двупольной таблицы, где в качестве определяющего параметра выступает исследуемый экологический фактор (тип ландшафта, тип почвы, возраст, полнота и бонитет леса) в искомом районе, в качестве зависимой переменной — количество крупных комплексов в этом же районе. Вычисления проводятся на базе платформы «СтатТех» с определением коэффициента статистической значимости. Для вывода о неслучайном распределении комплексов по Нижегородской области необходимо получение коэффициента статистической значимости  $p$  (различие между максимальным и минимальным количеством комплексов) не более  $p \leq 0,05$  [3].

### Результаты исследования

При картографировании комплексов муравейников Нижегородской области было обнаружено частичное наложение точек друг на друга ввиду близкого расположения комплексов.

Такие скопления точек обнаружены преимущественно на территории двух крупных ООПТ (Керженский государственный природный заповедник и Пустынский заказник). Такое расположение комплексов соответствует крупным лесным массивам с высокой полнотой леса (группы 0,8–0,9 по форме лесного реестра ГЛР № 5), что было выявлено при наложении точек на слой распределения растительного покрова Нижегородской области.

При таком анализе на карте отображается полигональный слой, отображающий интенсивность растительного покрова. Наиболее богатые лесами участки (открытые данные Федерального агентства лесного хозяйства, см. рис. 4).

Также на карте были построены полигоны, отражающие распределение точек по исследуемой территории. Согласно этой методике, каждой точке, отображающей комплекс муравейников, соответствует территория, отображаемая на карте в качестве полигона. Одиночным муравейникам или малым комплексам соответствуют разрозненные точки в пределах одного полигона большой площади. Крупные комплексы, напротив, отображаются в виде большого количества точек внутри одного полигона меньшей площади или на стыке нескольких.

Такую картину можно наглядно наблюдать в Арзамасском районе Нижегородской области — там занятый точками полигон соответствует комплексам на территории Пустынского заказника (см. рис. 5). Также крупные комплексы муравейников можно наблюдать на территории Керженского государственного заповедника, в Краснобаковском и Воскресенском районах области.

Меньшие по размеру комплексы обнаруживаются в более северных районах Нижегородской области. На карте они соответствуют одиночным точкам, входящим в более обширные полигоны. Кроме того, данные точки не входят в полигональный слой, содержащий крупные лесные массивы и их стыки — точки находятся в «разорванных» зонах карты. Такая картина соответ-

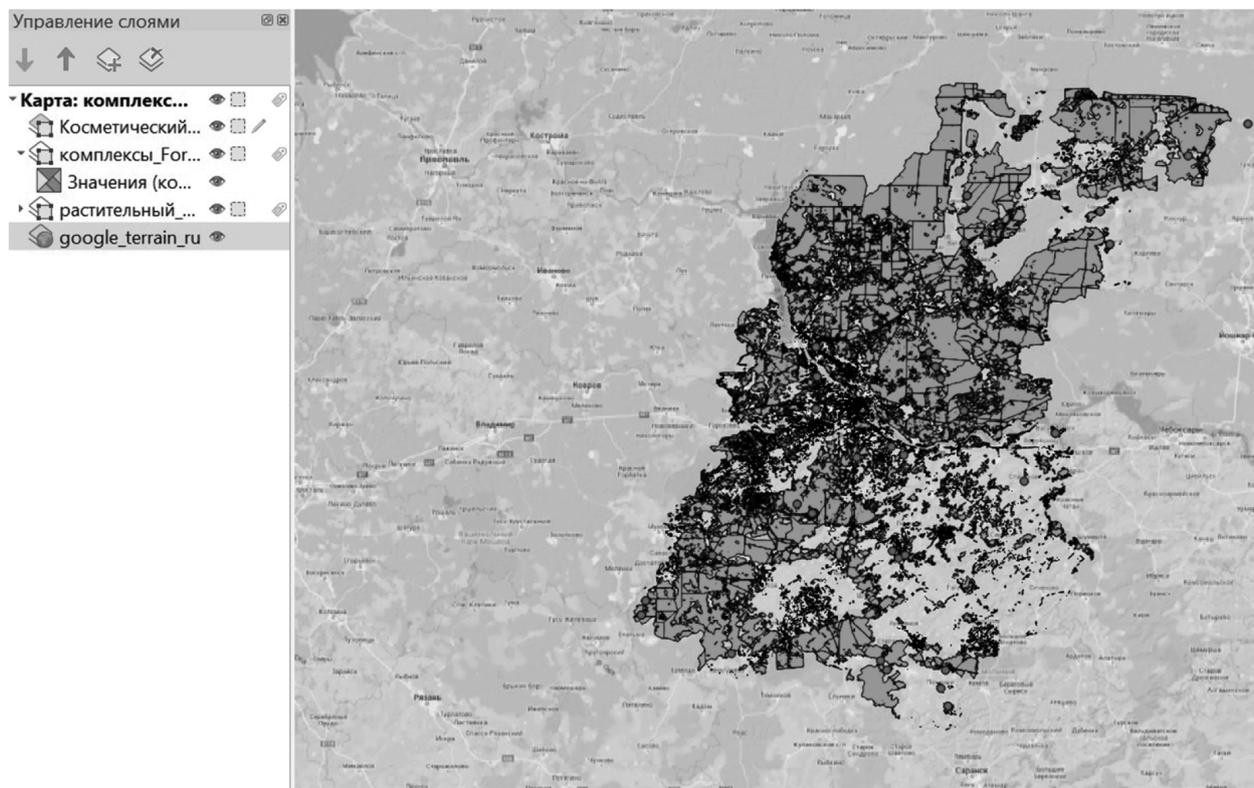


Рис. 4. Распределение комплексов муравейников группы *Formica rufa* по лесным массивам Нижегородской области

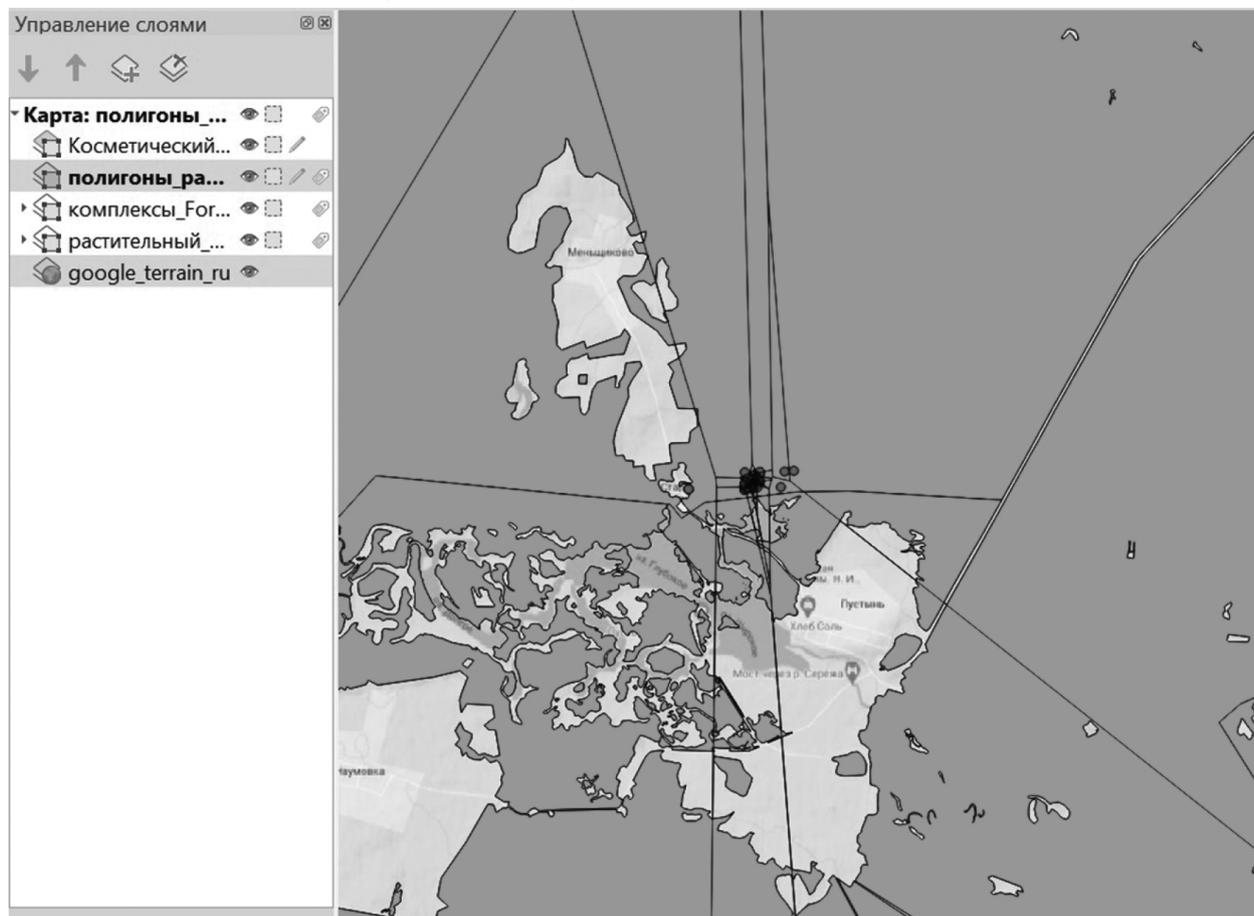


Рис. 5. Пустынные комплексы муравейников группы *Formica rufa* внутри полигонов распределения

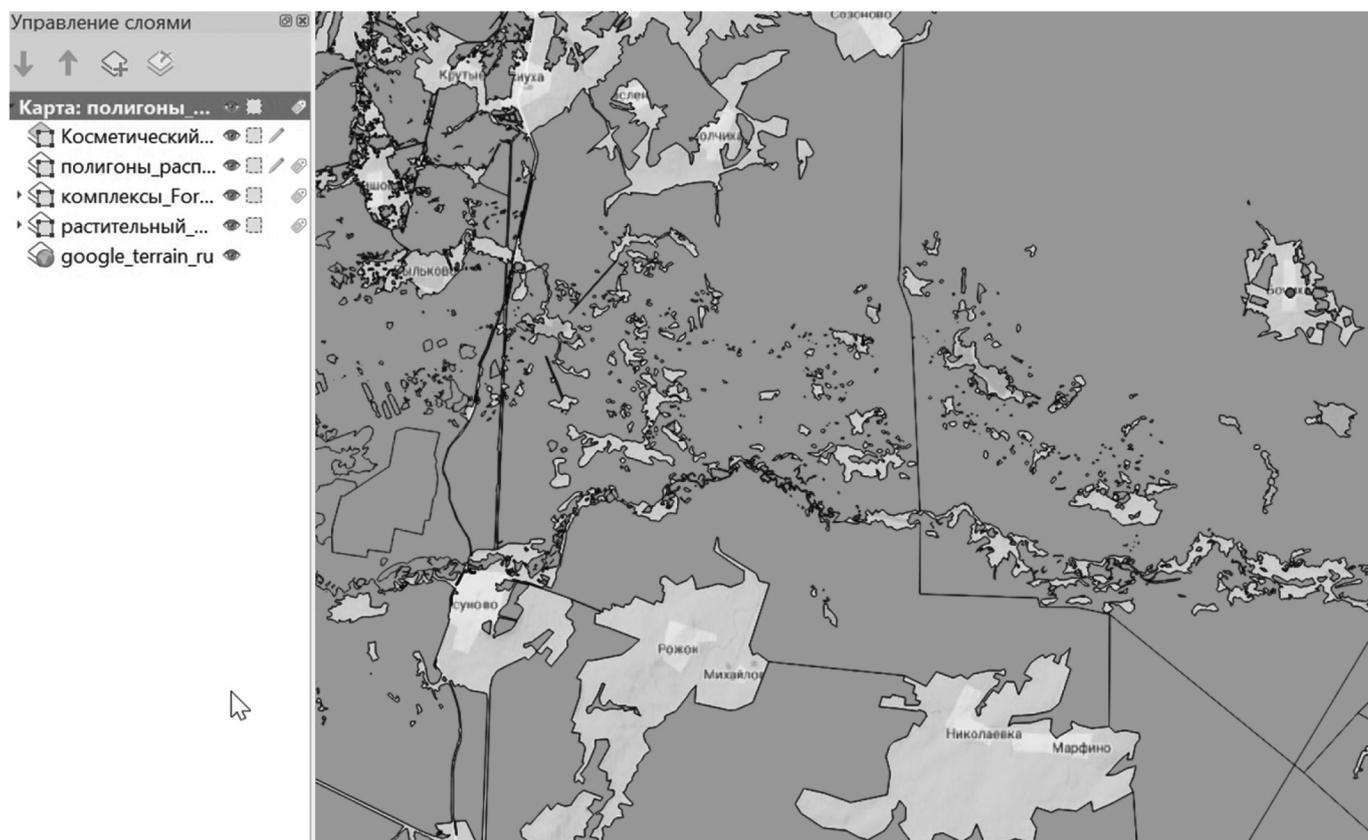


Рис. 6. Меньший по размеру комплекс муравейников в пределах обширного полигона распределения

стует, например, комплексу муравейников в окрестностях д. Бочиха Сосновского района Нижегородской области (см. рис. 6).

### Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных проводилась на платформе «СтатТех» методом подсчета коэффициента статистической значимости. Был выполнен поиск зависимости пространственного распределения комплексов муравейников различного размера от типа ландшафта, на котором был обнаружен комплекс. Также проверялась случайность или закономерность распределения комплексов по ландшафтным районам Нижегородской области.

Загруженные в базу данные подразделялись на несколько категорий. В качестве основного показателя был выбран тип поселения муравьев группы *Formica rufa*. Данный показатель может иметь два категориальных значения — поселения в составе крупных комплексов либо одиночные. В данном случае в выборку одиночных входят также муравейники в составе малых (<10 гнезд) комплексов. В качестве зависимой переменной был выбран тип ландшафта — полесский или опольный — и ландшафтный район, в котором комплекс был обнаружен. Названия и нумерация ландшафтных районов соответствуют зонированию по Миннинзону.

В результате была выявлена прямая зависимость размера обнаруженных комплексов муравейников от типа ландшафта — подавляющее большинство комплексов зарегистрированы на территориях с полесскими ландшафтами, коэффициент статистической значимости  $p$  составил  $<0,001$  (см. табл. 1).

Таблица 1.

Анализ показателя «Тип поселения» в зависимости от показателя «Тип ландшафта»

| Показатель    | Категории           | Тип ландшафта |            | $p$         |
|---------------|---------------------|---------------|------------|-------------|
|               |                     | опольный      | полесский  |             |
| Тип поселения | В составе комплекса | 3 (25,0)      | 145 (96,7) | $< 0,001^*$ |
|               | Одиночное поселение | 9 (75,0)      | 5 (3,3)    |             |

\* — различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ )

При анализе случайности или закономерности распределения комплексов муравейников группы *Formica rufa* от принадлежности к ландшафтным районам также были выявлены статистически значимые закономерности — большая часть крупных обнаружена в районах, соответствующих Арзамасской лесостепи и Нижне-Керженецкому району согласно районированию Миннин-

Таблица 2.

Анализ показателя «Тип поселения» в зависимости от показателя «Район» (по: Миннинзон, 2023)

| Показатель    | Категории           | Район                 |                    |                     |                   |                     | p         |
|---------------|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------|
|               |                     | Арзамасская лесостепь | Верхне-Керженецкий | Ветлужско-Устанский | Нижне-Керженецкий | Приокский дубравный |           |
| Тип поселения | В составе комплекса | 133 (97,8)            | 0 (0,0)            | 1 (50,0)            | 14 (82,4)         | 0 (0,0)             | p = 0,012 |
|               | Одиночное           | 3 (2,2)               | 4 (100,0)          | 1 (50,0)            | 3 (17,6)          | 3 (100,0)           |           |

\* — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)

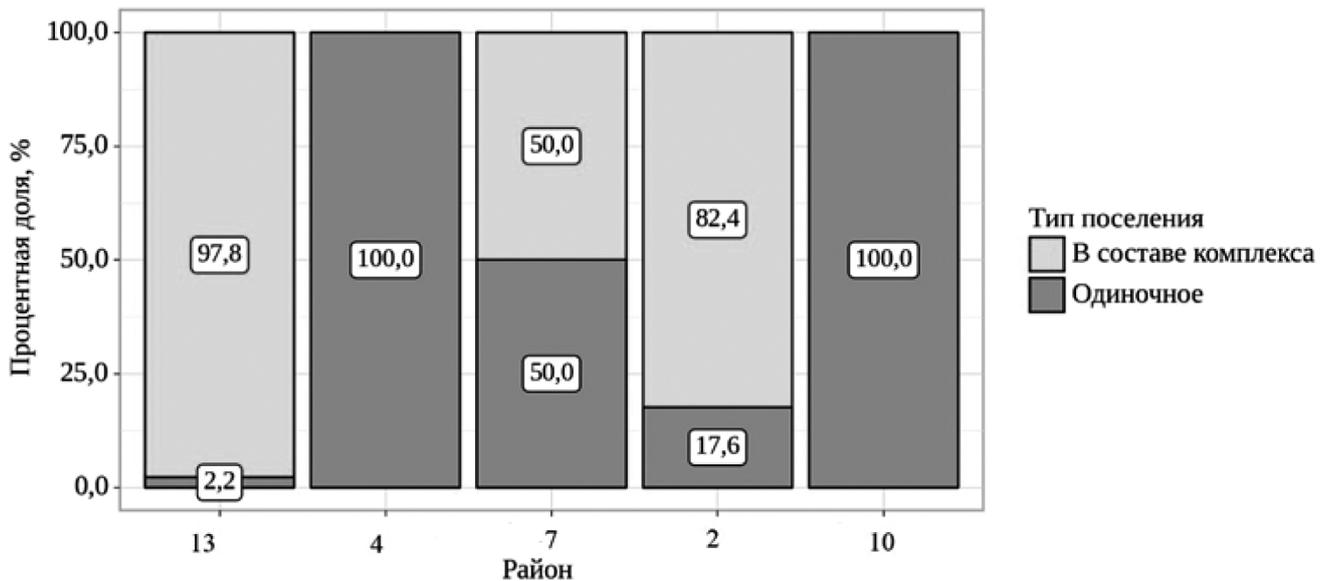


Рис. 7. Анализ показателя «Тип поселения» в зависимости от показателя «Ландшафтный район»

Нумерация районов (по: Миннинзон, 2023): 2 — Нижне-Керженецкий, 4 — Верхне-Керженецкий, 7 — Ветлужско-Устанский, 10 — Приокский дубравный, 13 — Арзамасская лесостепь

зона, коэффициент статистически значимых различий составил  $p = 0,012$  (см. табл. 2, рис. 7).

### Заключение

В результате проведенного исследования было выявлено, что распространение рыжих лесных муравьев (группа *Formica rufa*) в Нижегородской области и их способность к комплексообразованию определяется совокупностью факторов, включающих в себя ландшафтное, лесорастительное и климатическое районирование. Для получения объективной картины эти факторы не могут рассматриваться обособленно друг от друга.

Тем не менее, в ходе геоинформационного анализа карты распределения комплексов муравейников было подтверждено, что тип ландшафта является одним из критериев, непосредственно влияющих на географическое положение и размер комплексов. Так, полесские ландшафты более благоприятны для формирования крупных комплексов по сравнению с опольными — это наглядно отображается на карте на слое лесного покрытия Нижегородской области — точки, которым соответ-

ствуют крупные комплексы, входят в обширные лесные массивы или находятся на их стыках.

Построение распределительных полигонов дало возможность сопоставить границы фитоценозов, прилегающих к комплексам, с границами ландшафтных районов. Так, Арзамасская лесостепь и Нижне-Керженецкий районы пересечены полигонами, в которые входит большее количество картографических точек, соответствующих крупным комплексам (в Арзамасской степи речь может идти и об обширных комплексах, охватывающих >90 муравейников группы *Formica rufa*).

Статистическая обработка данных также подтверждает корреляцию между типом ландшафта и принадлежностью обнаруженных на данном ландшафте муравейников к крупным комплексам. Было выявлено что границы ландшафтных районов частично совпадают с границами комплексов муравейников рыжих лесных муравьев в Нижегородской области.

Таким образом показано, что анализ с помощью геоинформационных систем является эффективным

и статистически достоверным методом мониторинга структуры популяций рыжих лесных муравьев, а также потенциально применим и в оценке динамики популяций. Экстент цифровой карты возможно периодически пополнять новыми геоданными для создания более подробных карт, а также вносить уточняющие сведения

(число муравейников, число особей в каждом муравейнике, видовой состав комплексов и т.д.) в уже имеющую информацию о каждой точке — это позволит анализировать иные закономерности, оказывающие влияние на распределение комплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. «Аксиома-ГИС, версия 2.3.»: Руководство пользователя // М: ООО «Эсти», 2019. 287 с.
2. Асташин А.Е., Синцова В.С., Никитина О.А., Самойлов О.В., Бахирева М.В. Ландшафтно-рекреационный анализ территории Краснобаковского района Нижегородской области // Н. Новгород: Поволжье, 2014. 60 с.
3. Белюченко И.С., Смагин А.В., Попок Л.Б., Попок Л.Е. Анализ данных и математическое моделирование в экологии и природопользовании // Краснодар: КубГАУ, 2015. 313 с.
4. Варущенко С.С. Отечественная геоинформационная система «Аксиома ГИС» // Геодезия и картография, 2015. Спецвыпуск, с. 32–33.
5. Ерунцова Е.Р. Использование геоинформационных систем в экологии и природопользовании // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и образования: теоретические и прикладные аспекты». Нефтекамск, 2018. С. 181–185.
6. Захаров А.А., Длусский Г.М., Горюнов Д.Н., Гилёв А.В., Зрянин В.А., Федосеева Е.Б., Гороховская Е.А., Радченко А.Г. Мониторинг муравьев Формика. // М.: КМК. 2013. 99 с.
7. Зрянин В.А., Зрянина Т.А. Новые данные о фауне муравьев (Hymenoptera, Formicidae) Среднего Поволжья // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127, № 2. С. 226–240.
8. Иванова Т.И. Популяционная изменчивость рыжих лесных муравьев (Hymenoptera, Formicidae) Узоло-Керженского района. Выпускная квалификационная работа на базе кафедры ботаники и зоологии Института биологии и биомедицины ННГУ. Нижний Новгород, ННГУ, 2016.
9. Коноплева Е.Е. Структура и динамика комплексов муравейников северного лесного муравья *Formica aquilonia* (Hymenoptera, Formicidae) в разных лесорастительных условиях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Н. Новгород, 2010. № 2. С. 407–412.
10. Лесной план Нижегородской области на 2019–2029 гг. Федеральное агентство лесного хозяйства, 2018 — <https://docs.cntd.ru/document/465587408>
11. Миннинзон И.Л. Ботаническая география Нижнего Новгорода // Н. Новгород: НОНО, 2023. 220 с.
12. Соболева (Корочкина) Н.И. Дорожная система рыжих лесных муравьев (группы *Formica rufa*) в условиях рекреационного пресса // Зоол. журнал. 2010. Т. 89, № 12. С. 1468–1476.

© Козлова Анастасия Александровна (akatoe-nn@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АССОЦИАЦИЯ ПОЛИМОРФИЗМА RS174537 ГЕНА FADS1 С ОЖИРЕНИЕМ В ЯКУТСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

## ASSOCIATION OF FADS1 GENE RS174537 POLYMORPHISM WITH OBESITY IN THE YAKUT POPULATION

**N. Pavlova**  
**A. Bochurov**  
**V. Alekseev**  
**A. Krylov**  
**L. Sydykova**

*Summary.* The study examined the distribution of frequencies of alleles and genotypes of the polymorphic gene FADS1 (rs174537) in a sample of Yakuts with normal body mass index, preobese and obese. A total of 450 DNA samples were studied, including a group with normal BMI (n=162), an obese group (n=184) and a pre-obese group (n=104). A high frequency of the T allele, which is unfavorable for diseases associated with lipid metabolism, has been established. A comparative analysis of the average body mass index depending on the genotype showed that in the group of obese people in carriers of the TT genotype (BMI = 33.6 ± 0.09) it was significantly higher (td=3.93, p=0.0001) than in carriers of the TG genotype (BMI=33.1±0.09).

*Keywords:* obesity, FADS1, rs174537, PUFA.

**Павлова Надежда Ивановна**  
 К.б.н., Ведущий научный сотрудник,  
 Федеральное государственное бюджетное научное  
 учреждение «Якутский научный центр  
 комплексных медицинских проблем»  
 Solnishko\_84@inbox.ru

**Бочуров Алексей Алексеевич**  
 Младший научный сотрудник,  
 Федеральное государственное бюджетное  
 научное учреждение «Якутский научный центр  
 комплексных медицинских проблем»  
 binbaher@mail.ru

**Алексеев Владислав Амирович**  
 Младший научный сотрудник,  
 Федеральное государственное бюджетное  
 научное учреждение «Якутский научный центр  
 комплексных медицинских проблем»  
 vldslvalexseev@gmail.com

**Крылов Алексей Васильевич**  
 Младший научный сотрудник,  
 Федеральное государственное бюджетное  
 научное учреждение «Якутский научный центр  
 комплексных медицинских проблем»  
 alexkrulovwork@gmail.com

**Сыдыкова Любовь Ахмедовна**  
 К.м.н., доцент, Федеральное государственное  
 автономное образовательное учреждение высшего  
 образования «Северо-Восточный федеральный  
 университет имени М.К. Аммосова»  
 Sydlub@mail.ru

*Аннотация.* В ходе исследования изучено распределение частот аллелей и генотипов полиморфного гена FADS1 (rs174537) в выборке якутов с нормальными показателями индекса массы тела, с предожирением и с ожирением. Всего исследовано 450 образцов ДНК, из них группа с нормальным ИМТ (n=162), группа с ожирением (n=184) и группа с предожирением (n=104). Установлена высокая частота неблагоприятной к заболеваниям связанных с метаболизмом липидов аллели Т. Сравнительный анализ средних показателей индекса массы тела в зависимости от генотипа, показал, что в группе людей с ожирением у носителей генотипа ТТ (ИМТ=33,6±0,09) он был достоверно выше (td=3,93, p=0,0001), чем у носителей генотипа ТГ (ИМТ=33,1±0,09).

*Ключевые слова:* ожирение, FADS1, rs174537, ПНЖК.

### Введение

Ожирение является глобальной проблемой современности. В России ежегодно растет количество людей с избыточным весом и по прогнозам к 2030 г. может достигнуть уровня в 2422,5 на 100 тыс.

населения [1]. Эпидемия ожирения во всем мире затрагивает не только взрослое население, а также касается детей. Так по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), на 2020 г. 39 миллионов детей в возрасте до 5 лет страдали избыточным весом или ожирением [2], а из почти 411 тысяч детей в возрасте 7–9 лет 29 % имели

избыточный вес, включая ожирение [3]. Основными факторами развития ожирения является дисбаланс между потреблением и расходом энергии.

Высококалорийное питание, избыточное потребление (насыщенных) жиров коррелируют с увеличением массы тела и ожирением. Смена традиционной диеты на современную западную, в которой преобладают продукты растительного масла (соевого, кукурузного, пальмового и рапсового масел, а также маргарина и комбижиров), приводит к заметному увеличению в рационе содержания полиненасыщенных жирных кислот омега-6 (ПНЖК), что оказывает большое влияние на здоровье человека и связано с клиническими исходами при различных метаболических нарушениях (диабет, ожирение, сердечно-сосудистые и хронические воспалительные заболевания) [4]. Пищевые ПНЖК метаболизируются преимущественно в печени посредством ряда стадий десатуразы жирных кислот и стадий удлинения с помощью ферментов десатуразы жирных кислот (FADS) [5]. Гены десатуразы жирных кислот 1 и 2 (*FADS1* и *FADS2*) играют решающую роль в метаболизме ПНЖК. Полиморфизм rs174537 гена *FADS1*, влияет на уровень арахидоновой кислоты и тесно связан с ферментативной активностью *FADS1* [6]. Лица, гомозиготные по предковой аллели rs174537 (ТТ) демонстрируют самую медленную конверсию пищевых ПНЖК, почти вдвое меньшую скорость по сравнению с гомозиготными носителями мутантных аллелей (GG). Кроме того, у носителей генотипа ТТ более часто выявляется дефицит по длинноцепочечным ПНЖК, в отличие от носителей генотипа GG, которые имеют значительно более высокие уровни арахидоновой кислоты в крови и тканях [7]. В исследованиях Nobili V. и соавт. (2018) установили, что предковая аллель Т связана с повышенным отложением жира в печени. Кроме того, накопление жира в гепатоцитах тесно связано с различными метаболическими нарушениями, включая неалкогольную жировую болезнь печени, инсулинорезистентность, гиперлипидемию, ожирение и сердечно-сосудистые заболевания [8].

Целью данного исследования было выявить взаимосвязь между генотипами полиморфизма rs174537 гена *FADS1* и избыточным весом.

#### Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть работ по генотипированию полиморфизма rs174537 гена *FADS1*, была проведена в лаборатории наследственной патологии отдела молекулярной генетики Якутского научного центра комплексных медицинских проблем (ЯНЦ КМП). Для исследования использованы образцы ДНК из коллекции биоматериала ЯНЦ КМП с использованием УНУ «Геном Якутии» (рег. №USU\_507512). Исследование проводили с письменного согласия участников. Протокол исследова-

ния утвержден локальным комитетом по биоэтике при ЯНЦ КМП.

Выборка состояла из 450 образцов ДНК добровольцев без хронических заболеваний (144 — женщин и 306 мужчин). Были сформированы три группы обследуемых лиц: группа с нормальным ИМТ (n=162), группа с ожирением (n=184) и группа с предожирением (n=104).

Для проведения молекулярно-генетического анализа, образцы геномной ДНК выделяли из цельной крови коммерческим набором для выделения ДНК Newteryx (г. Якутск, Россия). Амплификация области гена, содержащего полиморфный вариант rs174537 проводилась стандартными парами праймеров (Прямой праймер: 5'-CAGGGGAGAGAGGTGGAGTA-3' и обратный праймер: 5'-AGGCTGTCTGGCTGTCTCC-3'). Температурные условия ПЦР были следующими: 94 °C — 4 мин, затем 35 циклов при 94 °C — 1 мин, 64 °C — 1 мин, и 72 °C — 1 мин и заключительная элонгация при 72 °C — 5 минут. Смесь для ПДРФ объемом 20 мкл состояла из: амплификата — 7 мкл, деионизированной воды — 10,9 мкл, рестрикционный буфер — 2 мкл и эндунуклеаза рестрикции *Avall* (2 e.a.).

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы: «Office Microsoft Excel 2010». При анализе сопряженности частоты неблагоприятного аллеля (Т) с ожирением, использовали четырехпольную таблицу сопряженности и критерий  $\chi$ -квадрат с поправкой Йейтса. Для оценки значимости отношения шансов рассчитывались границы 95 % доверительного интервала (ДИ 95 %). Средние показатели ИМТ в зависимости от генотипа сравнивали с помощью t-критерия Стьюдента. Результаты считались значимыми, при  $p < 0,05$ .

#### Результаты и обсуждения

По результатам исследования, распределение частот аллелей и генотипов полиморфного гена *FADS1* (rs174537) в выборке якутов находилось в равновесии Харди-Вайнберга. Выявлено преобладание генотипа ТТ, намного реже встречался генотип GG (Таблица 1).

Анализ распределения аллелей полиморфного локуса *FADS1* (rs174537) показал более высокую частоту аллеля Т — от 73,1 до 79,1 % во всех исследованных группах. По данным проекта «1000 геномов» высокая частота аллели Т, встречается у вьетнамцев (82%), перуанцев (81 %), китайцев Дай (78 %) и мексиканцев (70 %). В остальных популяциях аллель Т считается минорной и встречается с частотой 2 % — в популяции африканцев, 16 % — в популяциях южных азиаттов и 35 % — в популяциях европейцев [9].

Таблица 1.  
Распределение частоты встречаемости аллелей  
и генотипов полиморфизма rs174537 гена *FADS1*  
с показателем отношения шансов (ОШ)

| Группы       | Частота генотипа, % |      |      | Частота аллели, % |      | ОШ (ДИ 95 %)           | p     |
|--------------|---------------------|------|------|-------------------|------|------------------------|-------|
|              | GG                  | TG   | TT   | G                 | T    |                        |       |
| ИМТ в норме  | 4,3                 | 35,2 | 60,5 | 21,9              | 78,1 | 0,762<br>(0,509–1,141) | 0,223 |
| Предожирение | 8,7                 | 36,5 | 54,8 | 26,9              | 73,1 |                        |       |
| ИМТ в норме  | 4,3                 | 35,2 | 60,5 | 21,9              | 78,1 | 0,830<br>(0,583–1,181) | 0,344 |
| Ожирение     | 7,1                 | 36,4 | 56,5 | 25,3              | 74,7 |                        |       |
| Предожирение | 8,7                 | 36,5 | 54,8 | 26,9              | 73,1 | 1,089<br>(0,740–1,603) | 0,737 |
| Ожирение     | 7,1                 | 36,4 | 56,5 | 25,3              | 74,7 |                        |       |

Примечание: ИМТ — значения индекса массы тела, p — значимость, ОШ — отношение шансов

Анализ отношения шансов частоты генотипов и аллелей, у пациентов с нормальным ИМТ и с абдоминальным ожирением не показал статистически значимые значения. При интерпретации результатов сравнительного анализа средних показателей индекса массы тела в зависимости от генотипа, отмечается, что в группе людей с ожирением у носителей генотипа TT (ИМТ=33,6±0,09) он был достоверно выше (td=3,93, p=0,0001), чем у носителей генотипа TG (ИМТ=33,1±0,09). В остальных группах различия не были статистически значимыми.

Увеличение потребления насыщенных жиров, жирных кислот омега-6 и трансжирных кислот и снижение потребления жирных кислот омега-3 приводит к различным метаболическим заболеваниям в том числе ожирению.

Кроме того, трансжирные кислоты препятствуют десатурации и удлинению жирных кислот омега-6 и омега-3, тем самым еще больше уменьшая количество арахидоновой кислоты, эйкозапентаеновой кислоты и докозагексаеновой кислоты, доступных для метаболизма человека. [10].

Проведенные ранние исследования в популяции якутов, показывают высокую распространенность вариантов генов *PNPLA3* и *FABP2*, которые также ассоциированы с повышенным ИМТ и неалкогольной жировой болезнью печени [11, 12]. В исследованиях на трехмерных конструкциях печени Kirk LM и соавт. (2022) установили, что в гепатоцитах с гомозиготным генотипом TT самое медленное метаболическое преобразование линоленовой кислоты в арахидоновую. Также они установили, что среди гепатоцитов, выращенных в среде с добавлением линоленовой кислоты, самой низкой экспрессией генов *FADS1* и *FADS2* обладали клетки с генотипом TT, тогда как гетерозиготные клетки (GT) имели самый высокий уровень.

### Заключение

В результате исследования гена *FADS1* у якутов установлена высокая частота аллели T. Мы считаем, что в комплексе с высокими частотами неблагоприятных аллелей генов *PNPLA3* и *FABP2* в якутской популяции, возможен высокий риск к заболеваниям связанных с метаболизмом липидов в печени. Следовательно, им необходимо соблюдать баланс по жирным кислотам омега-6 и омега-3, уменьшив потребление масел, богатых жирными кислотами омега-6 и увеличив потребление масел, богатых омега-3.

### ЛИТЕРАТУРА

- Савина А.А., Фейгинова С.И. Распространенность ожирения среди населения Российской Федерации: период до пандемии COVID-19 // Социальные аспекты здоровья населения. 2022. 68 (5), С.4.
- World Health Organization. Obesity and overweight [Электронный ресурс] // WHO. — 2021. Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- World Health Organization. Childhood obesity in European Region remains high: new WHO report presents latest country data [Электронный ресурс] // WHO. — 2022. — URL: <https://www.who.int/europe/ru/news/item/08-11-2022-childhood-obesity-in-european-region-remains-high--new-who-report-presents-latest-country-data>
- Макарова С.Г., Вишнева Е.А. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты классов  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 как эссенциальный нутриент в разные периоды детства // Педиатрическая фармакология. 2013, 10 (4), С. 80–88
- Wang L, Athinarayanan S, Jiang G, Chalasani N, Zhang M, Liu W. Fatty acid desaturase 1 gene polymorphisms control human hepatic lipid composition. *Hepatology*. 2015;61(1):119–28. doi: 10.1002/hep.27373.
- Dosso B, Waits CMK, Simms KN, Sergeant S, Files DC, Howard TD, Langefeld CD, Chilton FH, Rahbar E. Impact of rs174537 on Critically Ill Patients with Acute Lung Injury: A Secondary Analysis of the OMEGA Randomized Clinical Trial. *Curr Dev Nutr*. 2020;4(10):nzaa147. doi: 10.1093/cdn/nzaa147.
- Kirk LM, Waits CMK, Bashore AC, Dosso B, Meyers AK, Renaldo AC, DePalma TJ, Simms KN, Hauser N, Chuang Key CC, McCall CE, Parks JS, Sergeant S, Langefeld CD, Skardal A, Rahbar E. Exploiting three-dimensional human hepatic constructs to investigate the impact of rs174537 on fatty acid metabolism. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262173. doi: 10.1371/journal.pone.0262173.
- Nobili V, Alisi A, Liu Z, Liang T, Crudele A, Raponi M, Lin J, Chalasani NP, Liu W. In a pilot study, reduced fatty acid desaturase 1 function was associated with nonalcoholic fatty liver disease and response to treatment in children. *Pediatr Res*. 2018 Nov;84(5):696–703. doi: 10.1038/s41390-018-0132-7.
- Сайт базы данных «1000 геномов» [Электронный ресурс] / The International Genome Sample Resource — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://www.internationalgenome.org/>

10. Simopoulos A.P. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio: health implications. OCL. 2010. 17 (5). 267–275. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0325>
11. Павлова Н.И., Крылов А.В., Алексеев В.А., Бочуров А.А. Ассоциация полиморфизма Ala54Thr гена FABP2 с ожирением в популяции якутов // Современные проблемы науки и образования. 2023. 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32482> DOI:10.17513/spno.32482
12. N.I. Pavlova, A.A. Bochurov, V.A. Alekseev, L.A. Sydykova, V.V. Dodokhov, Kh. A. Kurtanov, A.V. Krylov. The variability of PNPLA3 gene as a potential marker of cold adaptation in Yakuts. International Journal of Circumpolar Health. 2023: 82:1 DOI: 10.1080/22423982.2023.2246647

---

© Павлова Надежда Ивановна (Solnishko\_84@inbox.ru); Бочуров Алексей Алексеевич (binbaher@mail.ru);  
Алексеев Владислав Амирович (vldslvalexseev@gmail.com); Крылов Алексей Васильевич (alexkrulovwork@gmail.com);  
Сыдыкова Любовь Ахмедовна (Sydlub@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ РАСШИРЕНИЯ АРЕАЛА МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ (*APIS MELLIFERA*) И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ В ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

## ANTHROPOGENIC FACTORS OF EXPANSION OF THE RANGE OF WESTERN HONEY BEES (*APIS MELLIFERA*) AND ENVIRONMENTAL RISKS IN THE PSKOV REGION

*S. Paramonov*

*Summary.* The work shows that factors in expanding the distribution range of honey bees in the taiga zone of Russia are a number of aspects of human activity: general agricultural activities to transform indigenous coniferous ecosystems into agricultural land, forestry activities and the activities of the beekeeper to prevent diseases associated with the collection of nectar, which poses a risk of disease for bees.

In the Pskov region, there are trends towards a reduction in ecosystems suitable for bees and the development of beekeeping, and the environmental risks of developing diseases associated with nectar sources specific to the taiga zone are increasing.

*Keywords:* distribution area, honey bee, anthropogenic factors, postagrogenic ecosystems.

**Парамонов Сергей Геннадьевич**

Кандидат биологических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
химико-фармацевтический университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
[sergei.paramonov@pharminnotech.com](mailto:sergei.paramonov@pharminnotech.com)

*Аннотация.* В работе показано, что факторами расширения ареала распространения медоносных пчел в таежной зоне России является ряд аспектов деятельности человека: общая сельскохозяйственная деятельность по преобразованию коренных хвойных экосистем в сельскохозяйственные угодья, лесохозяйственная деятельность и деятельность пчеловода по предотвращению заболеваний, связанных со сбором нектара, представляющего риск заболеваний для пчел.

В Псковской области наблюдаются тенденции к сокращению пригодных для пчел и развития пчеловодства экосистем, и повышаются экологические риски развития заболеваний, связанных со специфическими для таежной зоны источниками нектара.

*Ключевые слова:* ареал распространения, медоносная пчела, антропогенные факторы, постагрогенные экосистемы.

### Введение

Таежные леса занимают около 90 % лесной площади РФ. Преобладающие коренные породы в таежных лесах — хвойные [28]. С точки зрения пчеловодства такой древостой мало пригоден для жизни пчел (*Apis mellifera*). В коренном хвойном лесу достаточно ограниченный набор видов медоносных растений. Это ивы (*Salix* sp.), локально растущие по берегам рек, вересковые (вереск *Calluna vulgaris*, черника *Vaccinium myrtillus*, брусника *Vaccinium vitis-idaea*, из которых только первый — сильный медонос) и падь (выделения тлей). При этом вересковый и падевый меда являются нежелательными для зимовки пчелиных семей, так как создают проблемы при длительном безоблетном периоде, характерном для таежной зоны: могут развиваться болезни пищеварительного тракта (нозематоз), диарея прямо в улье, что приводит к ослаблению, а иногда и гибели пчелиной семьи [22].

Большинство лесных пород-медоносов, таких как липа или клен, составляют более южную лесорастительную зону широколиственных лесов. Иногда встречающиеся в таежной зоне липы приурочены или к отдель-

ным специфическим условиям (например, Ижорская возвышенность), или являются результатом интродукции человеком.

Иногда на лес оказывает воздействие катастрофический фактор, изменяющий структуру экосистемы: лесной пожар, бурелом или вырубка. В таких случаях появляются свободные от леса участки, где распространяются более привлекательные для пчел медоносные растения: иван-чай, малина и т.д. Но в естественных условиях такие биоценозы в течение 10–20 лет сменяются молодняками из мелколиственных (березы, ольхи, осины) или хвойных (сосны), с небольшой примесью медоносных (ивы, крушины и т.д.), которые в последствии или исчезают, или остаются в подлеске.

Таким образом, естественное распространение пчелиных семей в таежной зоне ограничено кормовой базой и возможно только локально, в интразональных экосистемах (высокогорьях или приречных террасах). Поэтому тайга, в отсутствие специфической человеческой деятельности, была для пчел не местом жительства, а барьером для расселения. И только после освоения человеком таежных территорий, и создания устойчивых

антропогенных биоценозов с медоносными растениями, появилась возможность для расселения пчел и развития пчеловодства.

Так в Сибири и на Дальнем Востоке медоносная пчела является новым, недавно завезенным человеком видом. На Алтай медоносную пчелу завозили с 1778 года [1]. При этом в Сибири отсутствовали инфекционные и инвазивные болезни пчел до 1924 года (когда началась следующая волна завоза пчел из других регионов), и только в отдельные года наблюдался падевый токсикоз [17].

На Дальнем Востоке медоносные пчелы появились в 1870 году [11]. Сейчас дальневосточную пчелу некоторые исследователи выделяют в отдельную породу [26] образовавшуюся в специфических дальневосточных условиях из смеси европейских подвидов.

### Пчеловодство Северо-Запада России

На Северо-Западе России преобразование таежных экосистем происходило длительное время. Фактически с периода освоения пути «из варяг в греки» и развития на нем сельского и лесного хозяйства. Г.А. Исаченко [8] приводит историю изменения ландшафтов, прилегающих к будущему Санкт-Петербургу территорий, за последние 500 лет. Именно благодаря человеческой деятельности изначально занятая хвойными лесами и болотами территория получила то видовое и экосистемное разнообразие, которое мы наблюдаем сейчас, и которое позволяет развивать пчеловодство. С другой стороны и само пчеловодство способствовало развитию той территории, что впоследствии стала Россией. Так одним из основных, наряду с пушниной, товаров являлся воск. А гильдия купцов-вощинников являлась одной из самых богатых в Новгороде [25].

В Архангельской области пчеловодство стало возможным только к концу XIX века. Считается, что первопроходцем региона в этой отрасли является Ильинский П.П., в 1895 году поставивший первую колоду [6]. Что соответствует как общему увеличению населения, так и развитию лесного хозяйства. Впоследствии пчеловодство продолжало развиваться, при этом основными медоносами указывались растения именно антропогенного происхождения: сорняки (василек, осот, сурепка), сеяные травы (клевер, на нем предлагалось тренировать пчел), растения вырубков (кипрей малина) и т.д. [24]. В Вологодской области пчеловодство также относительно новое явление. Старейшая из известных пасек здесь существовала с 1851 г. [27], хотя возможно существовал и более ранний редкий промысел диких пчел.

Таким образом, антропогенный фактор является определяющим для распространения пчел в таежной зоне на территории большей части России. Данный фак-

тор действует как косвенно, через преобразование экосистем в более благоприятные для пчел, так и напрямую через интродукцию этого вида и специфические приемы работы пчеловода с пчелами, направленные на предотвращение заболеваний, связанных с таежными источниками нектара.

### Особенности динамики изменений медоносных угодий Псковской области

На данном этапе мы наблюдаем ряд тенденций, влияющих на антропогенный аспект ареала распространения медоносной пчелы в Северо-Западном регионе России. Исаченко Г.А. показал, что сельскохозяйственное освоение ландшафтов за последние 500 лет не линейное, так как бывали периоды запустения, когда доля пустых деревень, например в Копорском уезде, в начале XVII века достигала 62 %. Это отражалось на процессах зарастания лесом ранее расчищенных сельскохозяйственных земель.

Сейчас мы наблюдаем сходные процессы. С начала 90-х годов площадь используемых сельскохозяйственных земель сокращается. По данным Сельскохозяйственной переписи 2016 года в Северо-Западном федеральном округе 33 % от всех сельскохозяйственных земель региона заброшены и постепенно зарастают древесными породами.

При том, что в целом по стране производство меда увеличивается, в отдельных областях наблюдается сокращение его производства. Опираясь на данные Росстата, мы наблюдаем положительную корреляцию (0,83) между посевными площадями и производством меда для исследуемого региона [18].

Постагрогенные сукцессии на заброшенных сельскохозяйственных землях могут идти в направлении формирования зональных типов экосистем по различным сукцессионным схемам, на которые может влиять начальное состояние залежей в момент прекращения использования [23], [4], [12]. В зависимости от сукцессионной схемы динамика изменения видового разнообразия медоносных растений также различается [3]. В случае с высокой скоростью зарастания первые 7–15 лет площадь занята видами с высоким медоносным потенциалом (иван-чай, купырь, василек, осот), затем происходит замещение древесной растительностью с отсутствием медоносного потенциала (береза, сосна). В том случае, когда заселение древесными породами затягивается еще на 10–15 лет, территория, занятая медоносами, увеличивается за счет появления разреженных кустарниковых: ивы, крушины, малины. Которые также впоследствии вытесняются породами с отсутствием нектарной продуктивности.

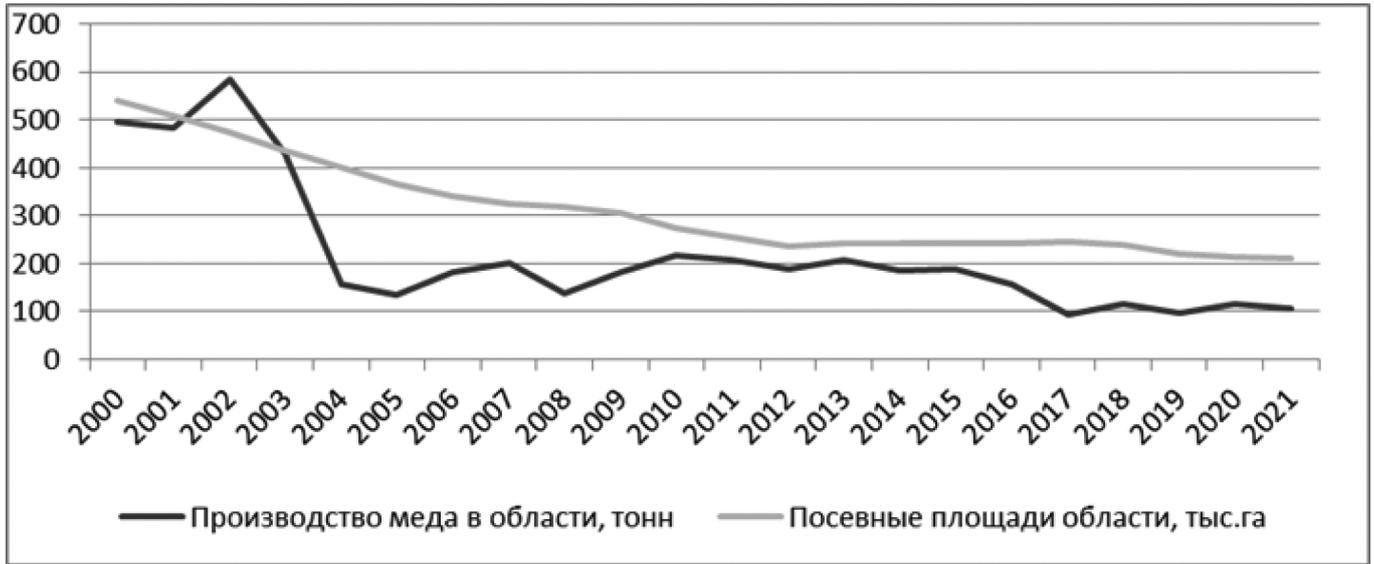


Рис. 1. Статистика производства меда и посевных площадей Псковской области [18]

Основываясь на данных пыльцевого анализа меда, собранного на исследуемых землях, на данный момент наиболее представленные в процентном соотношении пыльцы медоносы: крушина, ива, малина, которые участвуют в зарастании как заброшенных сельскохозяйственных угодий на начальных этапах (первые 10–15 лет), так и земель лесного фонда [14]. Лесохозяйственная деятельность в данных условиях остается источником регулярного обновления медоносной базы пчеловодства [19], [20].

Таким образом, при прекращении хозяйственной деятельности человека состав медоносов постепенно за 15 лет смещается от травянистых, с пиком цветения в июне-июле, к кустарниковым, с пиком цветения в мае-июне, и вереску, который цветет в августе. Что требует изменение графика пчеловодных работ.

При этом увеличиваются экологические риски [5], связанные с зимовкой пчел на собранном в изменившихся условиях меде. В хвойных экосистемах, в отсутствии цветущих медоносов, пчелы могут переключиться на сбор выделений тлей — падевого меда [7], [13], [22]. Который, при признанных высоких диетических свойствах для человека, повышает риск развития нозематоза у пчел при оставлении данного меда для зимовки семей. Вересковый мед также общепризнанный негативный

фактор, влияющий на зимовку пчел, требующий замены на менее опасный корм [7], [21]. Как показал ряд палинологических исследований [10] в Северо-Западном федеральном округе наибольший % встречаемости падевых (18 %) и вересковых медов. Следовательно, деятельность пчеловода, направленная на предотвращение данных рисков, является необходимым фактором существования пчел в описываемых экосистемах.

### Выводы

Таким образом, факторами расширения ареала распространения медоносных пчел в таежной зоне России является ряд аспектов деятельности человека: общая сельскохозяйственная деятельность по преобразованию коренных хвойных экосистем в сельскохозяйственные угодья, лесохозяйственная деятельность и деятельность пчеловода по предотвращению заболеваний, связанных со сбором нектара, представляющего риск заболеваний для пчел.

В Псковской области наблюдаются тенденции к сокращению пригодных для пчел и развития пчеловодства экосистем, и повышаются экологические риски развития заболеваний, связанных со специфическими для таежной зоны источниками нектара.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельских А.И. Сибирское пчеловодство: хроника становления // Пчеловодство. — 2001 — [Электронный источник], <https://beejournal.ru/istoriya/2348-sibirskoe-pchelovodstvo-khronika-stanovleniya> (дата обращения 26.10.2023)
2. Болгова О.Н. Материалы о состоянии Лесного дела в Архангельской губернии на страницах «Лесного журнала» (1833–1918 гг.) // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2013. №5 (335). [Электронный источник], URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/materialy-o-sostoyanii-lesnogo-dela-v-arhangel'skoy-gubernii-na-stranitsah-lesnogo-zhurnala-1833-1918-gg> (дата обращения: 02.11.2023)).
3. Грязькин А.В., Парамонов С.Г., Семенова Е.И., Хоанг М.А. Динамика видового состава медоносов на постагрогенных и лесных землях // Аграрный научный журнал. — 2022. — № 8. — С. 4–7.

4. Данилов Д.А., Шестаков В.И., Шестакова Т.А., Эндерс О.О. Сукцессионные стадии восстановления древесной растительности на постагrogenных землях Ленинградской области. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. — 2020. — № 233. — С. 60–80. — DOI 10.21266/2079-4304.2020.233.60-80
5. Духно С.И., Парамонов С.Г., Писаренко Ж.В. Идентификация риск-факторов при организации производственного процесса в пчеловодческих хозяйствах Северо-Западного региона Российской Федерации для разработки страховых продуктов для пчеловодов // Трансформация страховой индустрии для устойчивого развития в новых условиях : сборник трудов XXII Международной научно-практической конференции, Москва, 02–03 июня 2021 года / Всероссийский союз страховщиков МГИМО Университет МИД России. — Москва: ООО «Анкил», 2021. — С. 404–410
6. Ильинский П.П. Опыт пчеловодного хозяйства в Архангельской губернии // Н.А. Варпаховский. Архангельская губерния — на выставке 1903г. в г. Ярославле: перечень выставленных предметов с общими краткими данными. — Архангельск, 1903. — 57 с.
7. Инструкция о мероприятиях по предупреждению и ликвидации болезней, отравлений и основных вредителей пчел, утверждена Министерством сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации 17 августа 1998 г. N 13-4-2/1362.
8. Исаченко, Г.А. «Окно в Европу»: история и ландшафты / Г.А. Исаченко. — Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 1998. — 476 с.
9. Кадышев Г.И. Исторические особенности заселения и формирования культуры Русского Севера (на примере Архангельской области) // Academia. Архитектура и строительство. 2017. №2. [Электронный источник], URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskie-osobennosti-zaseleniya-i-formirovaniya-kultury-russkogo-severa-na-primere-arhangelskoy-oblasti> (дата обращения: 02.11.2023).
10. Курманов, Р.Г. Географическое и ботаническое происхождение башкирского меда. Атлас пыльцы / Р.Г. Курманов. — Уфа: Казенное предприятие Республики Башкортостан Издательство «Мир печати», 2019. — 440 с.
11. Леяков А. Промышленное пчеловодство в условиях Дальнего Востока. Владивосток, 1925. 208 с.
12. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. [и др.]. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагrogenное восстановление растительности и почв — Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ГЕОС», 2010. — 415 с.
13. Нозематоз и зимовка пчел. Негреев В.Н. // Пчеловодство. — 2002. — N 5. — С. 44–46.
14. Парамонов, С.Г. Сравнение результатов палинологической экспертизы меда с полевым описанием видового разнообразия на постагrogenных землях севера Псковской области / С.Г. Парамонов, Р.Г. Курманов // Известия Горского государственного аграрного университета. — 2023. — Т. 60–2. — С. 129–135. — DOI 10.54258/20701047\_2023\_60\_2\_129
15. Парамонов, С.Г. Аспекты применения пестицидов и агрохимикатов в сфере пчеловодства / С.Г. Парамонов // Формулы фармации. — 2020. — Т. 2, № 1. — С. 82–84. — DOI 10.17816/phf21225
16. Парамонов, С.Г. Подходы к развитию пчеловодства на постагrogenных землях Северо-Западного федерального округа РФ / С.Г. Парамонов, М.В. Томусяк, М.А. Александров // Формулы фармации. — 2022. — Т. 4, № 4. — С. 74–79. — DOI 10.17816/phf321961
17. Плахова, А.А. Западно-Сибирское пчеловодство за период двухсотлетнего существования / А.А. Плахова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). — 2005. — № 1(2). — С. 35–38.
18. Регионы России. Социально-экономические показатели. Росстат [Электронный источник], <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения 26.10.2023)
19. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620926 Российская Федерация. Медоносы произрастающие на гаях в условиях Ленинградской области: № 2015620403: заявл. 20.04.2015: опубл. 17.06.2015 / Н.В. Ковалев, А.В. Грязькин, Т.Т.Х. Нгуен [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
20. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621480 Российская Федерация. Сырьевые ресурсы сосняков: № 2022621364: заявл. 15.06.2022: опубл. 22.06.2022 / А.В. Грязькин, С.Г. Парамонов, А.А. Шадрин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова».
21. Селицкий А. Позднелетний взяток с вереска // Пчеловодство — 2001 [Электронный источник], <https://beejournal.ru/medonosnaya-baza-i-opylenie/2250-rozdneletnij-vzyatok-s-vereska> (дата обращения 26.10.2023)
22. Соловьева, Л.Ф. Падевый токсикоз медоносных пчел / Л.Ф. Соловьева // Пчеловодство. — 2009. — № 4. — С. 22–25.
23. Телеснина В.М. Постагrogenная динамика растительности и свойств почвы в ходе демулационной сукцессии в южной тайге. // Лесоведение. — № 4. — 2015. — С.293–306.
24. Фетисов, К.К. Пчеловодство на Севере / К.К. Фетисов, И.И. Выморков. — Архангельск: Кн. изд-во. — 1956. — 43 с.
25. Хорошкевич А.Л. Торговля Великого Новгорода с Прибалтикой и западной Европой, М, 1963
26. Шаров, М.А. Дальневосточная порода — основа развития пчеловодства на юге Дальнего Востока / М.А. Шаров // Пчеловодство. — 2019. — № 6. — С. 12–14
27. Чухин Л.Л. Пчеловодство в Белозерском крае в XIX — начале XX вв.: Вестник Кирилло-Белозерского монастыря, вып. 6, декабрь 2004 г.: [Электронный источник], <http://www.kirmuseum.ru/issue/guide/detail.php?ID=2999> (дата обращения 26.10.2023)
28. Энциклопедия лесного хозяйства: в 2 т. / М-во природных ресурсов Российской Федерации, Федеральное агентство лесного хозяйства; [Антипенко Т. А. и др.]. — (Изд. испр. и доп.). — Москва: ВНИИЛМ, 2006. — 416 с.

# ДОПОЛНЕНИЯ К ФАУНЕ КРОВОСОСУЩИХ ДВУКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (DIPTERA: TABANIDAE, CULICIDAE, CERATOPOGONIDAE, SIMULIIDAE) КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Хлызова Татьяна Александровна

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН  
labdezinsekcii@mail.ru

## ADDITIONS TO THE FAUNA OF BLOOD-SUCKING DIPTERAN INSECTS (DIPTERA: TABANIDAE, CULICIDAE, CERATOPOGONIDAE, SIMULIIDAE) OF THE KURGAN REGION

T. Khlyzova

**Summary.** The purpose of the research was to analyze the knowledge and current state of the fauna of blood-sucking dipterous insects in the Kurgan region. Field research was carried out in the Kargapolsky district of the Kurgan region in 2004–2023. Collections of adults of insects were carried out according to the methods generally accepted in domestic dipterology. Species identification was carried out using an MSP-1 microscope and special identification tables. Faunal lists of blood-sucking dipterans of the region are presented in accordance with modern data on the taxonomy of this group of insects, current catalogs of world fauna and lists of valid species names. Analysis of the literature data showed that 57 species of blood-sucking diptera insects are known for the territory of the Kurgan region. As a result of their own systematic long-term research, 30 species of this group of insects have been registered, 12 of them previously not specified by other researchers (*Hybomitra lundbecki* Lyneborg, 1959, *H. arpadi* (Szilady, 1923), *Chrysops divaricatus* Loew, 1858, *Hybomitra arpadi* (Szilady, 1923), *Culiseta bergrothi* (Edwards, 1921), *C. morsitans* (Theobald, 1901), *Aedes pionips* (Dyar, 1919), *A. albescens* (Edwards, 1921), *A. annulipes* (Meigen, 1830), *A. impiger* (Walker, 1848), *Culicoides punctatus* (Meigen, 1804) and *Simulium erythrocephalum* (De Geer, 1776)). To date, the fauna of blood-sucking Diptera insects has 69 species. The species composition of blood-sucking mosquitoes and horseflies, 43 and 23 species, respectively, has been most fully studied. Data on blood-sucking blackflies and biting midges are fragmentary and relate mainly to the ecology of the larvae.

**Keywords:** horseflies, mosquitoes, blackflies, biting midges, fauna, species, Kurgan region.

**Аннотация.** Целью исследований являлся анализ изученности и современного состояния фауны кровососущих двукрылых насекомых Курганской области. Полевые исследования проведены в Каргапольском районе Курганской области в 2004–2023 годах. Идентификация видовой принадлежности выполнена с использованием микроскопа МСП-1 и специальных определительных таблиц. Фаунистические списки кровососущих двукрылых региона приведены в соответствии с современными данными о систематике этой группы насекомых, актуальными каталогами мировой фауны и списками валидных видовых названий. Анализ данных литературы показал, что для территории Курганской области известно 57 видов кровососущих двукрылых насекомых. В результате собственных систематических многолетних исследований были зарегистрированы 30 видов этой группы насекомых, из них 12, ранее не указанных другими исследователями (*Hybomitra lundbecki* Lyneborg, 1959, *H. arpadi* (Szilady, 1923), *Chrysops divaricatus* Loew, 1858, *Hybomitra arpadi* (Szilady, 1923), *Culiseta bergrothi* (Edwards, 1921), *C. morsitans* (Theobald, 1901), *Aedes pionips* (Dyar, 1919), *A. albescens* (Edwards, 1921), *A. annulipes* (Meigen, 1830), *A. impiger* (Walker, 1848), *Culicoides punctatus* (Meigen, 1804) and *Simulium erythrocephalum* (De Geer, 1776)). К настоящему времени фауна кровососущих двукрылых насекомых насчитывает 69 видов. Наиболее полно изучен видовой состав кровососущих комаров и слепней, 43 и 23 вида, соответственно. Сведения о кровососущих мошках и мокрецах носят фрагментарный характер и касаются в основном экологии личинок.

**Ключевые слова:** слепни, комары, мошки, мокрецы, фауна, вид, Курганская область.

### Введение

Кровососущие двукрылые насекомые (Diptera: Tabanidae, Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae) на территории России представлены 654 видами (с учетом факультативно кровососущих видов) [9]. Актуальность изучения фауны и распространения этих насекомых в значительной степени обусловлена их ветеринарным и медицинским значением. В настоящее время

на планете имеют место процессы изменения климата, которые приводят к изменениям условий существования членистоногих, расширению ареалов их обитания и сдвигам фенодат. Перечисленные факторы в сочетании с возросшей вероятностью проникновения на территорию нашей страны возбудителей трансмиссивных заболеваний указывают на целесообразность систематического мониторинга видового разнообразия кровососущих двукрылых насекомых, которые могут участво-

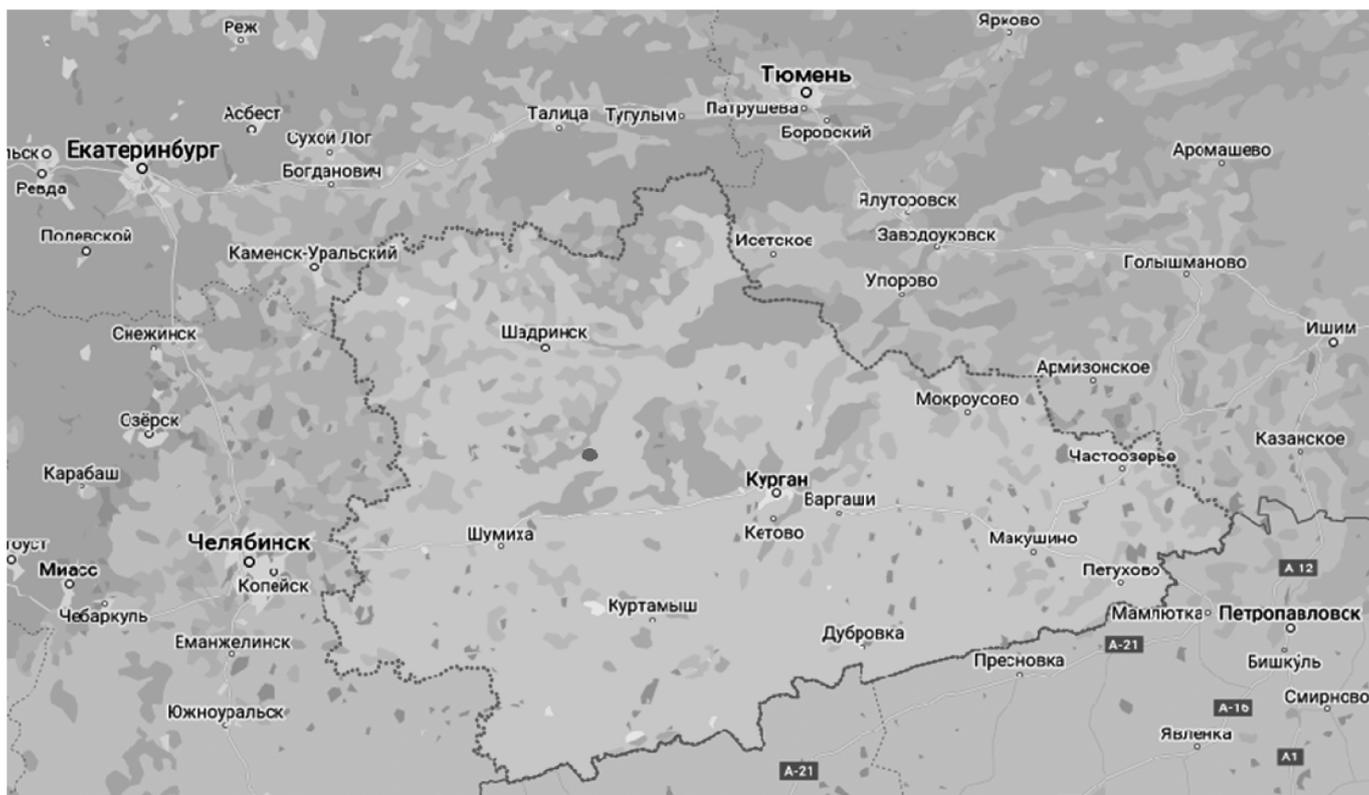


Рис. 1. Район проведения исследований

вать в распространении опасных заболеваний человека и животных.

*Цель исследований:* анализ изученности и современного состояния фауны кровососущих двукрылых насекомых Курганской области.

### Материал и методы

Курганская область расположена на юго-западе Западно-Сибирской равнины, в современной литературе этот регион также часто называют Южным Зауральем. Большая часть территории региона располагается в лесостепной зоне. Климат области континентальный и характери-

зуется суровой малоснежной зимой и жарким коротким летом с периодически повторяющимися засухами [3, 11].

Собственные исследования проведены в окрестностях села Соколово Каргапольского района Курганской области в 2004–2023 годах (рис. 1). Район исследований расположен на левом коренном берегу реки Миасс. Для сбора имаго насекомых были выбраны 2 точки, расположенные в наиболее характерных для этой местности биотопах: первая — опушка соснового леса (рис. 2), вторая — заливной луг в пойме реки Миасс с большим количеством стариц (рис. 3).

Сборы имаго кровососущих двукрылых насекомых проводили по общепринятым в отечественной диптерологии методикам [5]. Всего было отловлено и определено 22327 особей насекомых.



Рис. 2. Опушка соснового леса на коренном берегу реки Миасс



Рис. 3. Пойма реки Миасс

Идентификация видовой принадлежности произведена с использованием микроскопа МСП-1 и специальных определительных таблиц [4, 7, 10, 16]. Определение отловленных самок кровососущих мокрецов и мошек проведено кандидатом биологических наук, ведущим научным сотрудником «Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной энтомологии и арахнологии» (г. Тюмень) О.А. Фёдоровой. Список фауны кровососущих двукрылых региона приведен в соответствии с современной систематикой этой группы насекомых, актуальными каталогами мировой фауны и списками валидных видовых названий [19–22].

### Результаты и обсуждение

Первые сведения о слепнях (Diptera: Tabanidae) Курганской области приведены в работе Ю.М. Колосова [6], в которой имеются данные о находках 2 видов — *Chrysops pictus* (Meigen, 1820) и *Tabanus autumnalis* (Linnaeus, 1761). А.В. Новикова [15] зарегистрировала впервые для Южного Зауралья 14 видов табанид: *Chrysops relictus* (Meigen, 1803), *Tabanus sabuletorum gerkei* (Brauer, 1880), *T. bromius* (Linnaeus, 1758), *T. bovinus* (Linnaeus, 1758), *Atylotus pallitarsis* (Olsoufjev, 1936), *A. rusticus* (Linnaeus, 1767), *Hybomitra lurida* (Fallen, 1817), *H. nitidifrons confiformis* (Chvala et Moucha, 1971), *H. ciureai* (Seguy, 1937), *H. muehlfeldi* (Brauer, 1880), *H. bimaculata* (Macquart, 1826), *H. montana montana* Meigen, 1820, *H. expollicata* (Pandell, 1883), *Haematopota pluvialis* Linné, 1758. В 2011 году А.В. Агапитова и В.А. Балахонова [1], проанализировав коллекционные фонды Курганского государственного университета и материалы собственных исследований, расширили фаунистический список слепней еще на 3 вида и 1 подвид: *Chrysops caecutiens caecutiens* (Linnaeus, 1758), *Hybomitra tarandina* (Linnaeus, 1761), *H. montana morgani* (Surcouf, 1912) и *Haematopota crassicornis* (Wahlberg, 1848).

В результате собственных исследований нами было подтверждено обитание 11 ранее известных видов слепней и впервые для региона зарегистрированы: в 2021 г. — *Hybomitra lundbecki* Lyneborg, 1959, в 2022 году — *Haematopota subcylindrica* Pandelle, 1883, в 2023 году — *Chrysops divaricatus* Loew, 1858 и *Hybomitra arpadi* (Szilady, 1923), таким образом, к данному моменту времени на территории Курганской области установлено обитание 23 видов семейства Tabanidae.

Изучение настоящих или кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) Южного Зауралья начато В.П. Бирюковым [2], в результате проведенных этим автором исследований установлено обитание на территории региона *Anopheles maculipennis* Meigen, 1818. Значительно позднее в результате цитогенетических исследований малярийных комаров [17] было выявлено, что ареал этого вида не охватывает Сибирь и Дальний Восток, а все более ранние упоминания *A. maculipennis* для этих регионов

относятся к *Anopheles beklemishevi* Stegnii et Kabanova, 1976. В соответствии с этими данными все обнаруженные в научной литературе сведения об *A. maculipennis* из Курганской области, нами отнесены к *A. beklemishevi*. Ю.М. Колосовым [6] для области отмечены еще 6 видов комаров: *Aedes cinereus* Meigen, 1818, *A. caspius* (Pallas, 1771), *A. cataphylla* (Dyar, 1916), *A. cyprius* Ludlow, 1920, *Culex pipiens* Linnaeus, 1758, *Culiseta alaskaensis* (Ludlow, 1906). Четыре новых для региона вида (*Aedes flavescens* (Muller, 1764), *A. excrucians* (Walker, 1856), *A. riparius* (Dyar et Knab, 1907), *Coquillettidia richiardii* (Ficalbi, 1889)) были зарегистрированы Г.Е. Логиновским [8]. При изучении имеющихся на территории области природных очагов туляремии А.В. Новиковой [15] было установлено обитание *Aedes vexans* (Meigen, 1830). Н.В. Николаева [14] в своей работе приводит для Южного Зауралья список, включающий 33 вида, при этом впервые указав для региона *Anopheles messae* Falleroni, 1926, *Aedes rossicus* Dolbeskin, Gorickaja et Mitrofanova, 1930, *A. communis* (De Geer, 1776), *A. dorsalis* (Meigen, 1830), *A. subdiversus* (Martini, 1926), *A. alektorovi* (Stackelberg, 1943), *A. behningi* (Martini, 1926), *A. cantans* (Meigen, 1818), *A. detritus* (Haliday, 1833), *A. euedes* Howard, Dyar et Knab, 1913, *A. leucomelas* (Meigen, 1804), *A. mercurator* (Dyar, 1920), *A. punctator* (Kirby, 1837), *A. stramineus* Dubitzky, 1970, *Culex modestus* Ficalbi, 1890, *C. vagans* Wiedemann, 1828, *C. territans* Walker, 1856, *C. pusillus* Macquart, 1850, *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1838), *C. ochroptera* (Peus, 1935) и *C. fumipennis* (Stephens, 1825). Четырьмя новыми видами (*Aedes intrudens* (Dyar, 1919), *A. hexodontus* (Dyar, 1916), *A. diantaeus* (Howard, Dyar et Knab, 1913) и *A. sticticus* (Meigen, 1838)) дополнили имеющийся фаунистический список Л.С. Некрасова с соавторами [12].

Проведенные в лесостепной зоне Южного Зауралья собственные исследования выявили 17 видов комаров, 6 из них не упоминаются в более ранних публикациях диптерологов. В 2017–2019 гг. в сборах впервые присутствовали *Culiseta bergrothi* (Edwards, 1921) и *Aedes pionips* (Dyar, 1919), в 2020–2021 годах были впервые отловлены самки комаров *Aedes albescens* (Edwards, 1921) и *A. annulipes* (Meigen, 1830). В 2022 году впервые для региона установлен лёт *Culiseta morsitans* (Theobald, 1901), в 2023 году — *Aedes impiger* (Walker, 1848). Фауна комаров семейства Culicidae Курганской области в настоящее время насчитывает 43 вида.

Первые сведения о мокрецах (Diptera: Ceratopogonidae) Курганской области содержатся в публикациях Е.В. Шилковой [18] и Н.В. Нестеренко с соавторами [13]. В результате исследований, проведенных этими авторами, было установлено обитание на территории региона *Culicoides salinarius* Kieffer, 1914. В 2021 г. нами впервые зарегистрирован в регионе кровососущий мокрец *Culicoides punctatus* (Meigen, 1804). Таким образом, для Курганской области известны только 2 вида семейства Ceratopogonidae.

Фауна кровососущих мошек (Diptera: Simuliidae) области до настоящего времени остается не изученной несмотря на то, что в отдельные сезоны численности этих насекомых бывает очень высокой. В доступной литературе не удалось обнаружить ни одного упоминания о видовом составе симулиид Курганской области. В 2022 г. нами впервые на территории региона обнаружена мошка *Simulium erythrocephalum* (De Geer, 1776).

### Заключение

Исследования по инвентаризации фауны кровососущих двукрылых Курганской области позволили попол-

нить фаунистический список 12 видами: комары — 6 видов, слепни — 4 вида, мошки — 1 вид и мокрецы — 1 вид. Анализ литературных источников и полученных собственных данных показал, что для территории региона зарегистрировано 69 видов насекомых этой группы. Наиболее полно изучен видовой состав кровососущих комаров (43 вида) и слепней (23 вида). Сведения о фауне кровососущих мошек и мокрецов, к сожалению, и до настоящего времени носят фрагментарный характер. Все перечисленные данные свидетельствуют об актуальности и перспективности продолжения исследований видового состава кровососущих двукрылых Южного Зауралья.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агапитова А.В., Балахонина В.А. К фауне слепней (Diptera, Tabanidae) Курганской области // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Естественные науки». 2011. №4. С. 35–39.
2. Бирюков В.П. Природа и население Шадринского округа Уральской области. Шадринск: Типография Коммунотреста, 1926. 338 с.
3. География Курганской области. Курган: Предприятие «Парус-М», 1993. 159 с.
4. Гуцевич А.В., Мончадский А.С., Штакельберг А.А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Комары. Семейство Culicidae. Т. 3, вып. 4. Л.: Наука, 1970. 384 с.
5. Детинова Т.С., Расницын С.П., Маркович Н.Я., Куприянова Е.С., Аксенова А.С., Ануфриева В.Н., Бандин А.И., Виноградская О.Н., Жаров А.А. Унификация методов учета численности кровососущих двукрылых насекомых // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1978. №5. С. 84–92.
6. Колосов Ю.М. Каталог двукрылых Среднего Урала. Свердловск, 1936. 27 с.
7. Кухарчук Л.П. Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) Сибири. Систематика. Новосибирск: Наука, 1980. 220 с.
8. Логиновский Г.Е. Кровососущие комары (Diptera, Culicinae) Курганской области. В кн.: Вопросы энтомологии Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. С. 148–149.
9. Медведев С.Г. Фауна кровососущих насекомых комплекса гнуса (Diptera) Северо-Западного региона России. Анализ распространения // Энтомологическое обозрение. 2011. №3. С. 527–547.
10. Мирзаева А.Г. Кровососущие мокрецы (Diptera, Ceratopogonidae) Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, СО, 1989. 232 с.
11. Науменко Н.И., Завьялова О.Г., Акимова Т.Г. и др. География Курганской области: краеведческое пособие. Курган: Изд-во КГУ, 2019. 276 с.
12. Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л., Захарова Е.Ю., Чибиряк М.В. Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) Курганской области // Фауна Урала и Сибири. 2016. №1. С. 75–87.
13. Нестеренко Н.В., Комарова Г.И., Леонтьев А.И. и др. Опыт товарного выращивания пеляди в солоноватом, периодически заморном озере Щучье Курганской области. Биологические основы повышения рыбопродуктивности водоемов Урала // Труды Уральского отделения научно-исследовательского и проектно-конструкторского института рыбного хозяйства (ГосНИОРХ). Т.9. Ч.1. Свердловск, 1975. С.108–130.
14. Николаева Н.В. Ревизия фауны кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Уральского федерального округа и сопредельных территорий Урала // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: Материалы II международной конференции (Оренбург, 17–18 декабря 2002 г.). Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2002. С. 177–179.
15. Новикова А.В. Фаунистические компоненты природных очагов туляремии Курганской области (Материалы ландшафтно-эпидемиологического районирования). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1977. 25 с.
16. Олсуфьев Н.Г. Слепни (семейство Tabanidae): Фауна СССР. Т. 7. Вып. 2. Л.: Наука ЛО, 1977. 346 с.
17. Стегний В.Н., Кабанова В.М. Цитозоологическое изучение природных популяций малярийного комара на территории СССР. Сообщение 1. Выделение нового вида *Anopheles* в комплексе *maculipennis* методом цитодиагностики // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1976. №2. С. 192–198.
18. Шилкова Е.В. Кормовая база некоторых озер Курганской области и ее использование рыбами // Труды Уральского отделения научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Свердловск, 1964. №6. С. 161–170.
19. Adler P.H. World blackflies (Diptera: Simuliidae): A comprehensive revision of the Taxonomic and geographical inventory [2021] // <http://biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.4455.1.2>
20. Borkent A., Dominiak P. Catalog of the Biting Midges of the World (Diptera: Ceratopogonidae). Zootaxa. 2020; 4787. 377 pp. DOI: 10.11646/zootaxa.4787.1.1
21. Harbach R.E. Mosquito Taxonomic Inventory; 2022 (обновлено 23.07.2023; процитировано: 25.10.2023). Доступно: <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/valid-species-list>
22. Wilkerson R.C., Linton Y.-M., Fonseca D.M., Schultz T.R., Price D.C., Strickman D.A. Making mosquito taxonomy useful: A stable classification of tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships. PLoS One. 2015; 10(7): 1–26. DOI: 10.1371/journal.pone.0133602

© Хлызова Татьяна Александровна (labdezinskcii@mail.ru.)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.12.04

# РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ВИЗУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

## DEVELOPMENT AND TESTING OF A HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR VISUAL MONITORING OF THE CONDITION OF OBJECTS USING COMPUTER VISION TECHNOLOGIES AND INTELLIGENT DATA PROCESSING

**T. Bugakova  
A. Sharapov  
S. Katsko  
A. Basargin**

*Summary.* The article describes the development and testing of a hardware and software complex (APC) for visual monitoring of the condition of engineering facilities using computer vision technologies and intelligent data processing. In modern conditions, with the increasing complexity and uniqueness of construction projects, the need for constant monitoring and control of their condition becomes more urgent. The authors of the article consider the use of computer vision technologies for continuous visual monitoring of objects and analysis of the obtained images. The paper describes the structure of the APC, which includes a high-resolution camera, a portable digital device, software, and a database. The results of the testing of the agro-industrial complex showed its effectiveness in real time, allowing continuous monitoring of objects, as well as analysis of changes and defects. This approach complements the data obtained from automated monitoring systems, allowing to identify cause-and-effect relationships between changes in the state of the object and external factors. The paper emphasizes the importance of using computer vision technologies in monitoring engineering facilities and the possibility of improving the accuracy and efficiency of monitoring, which is of great importance for ensuring the safety and efficient operation of complex construction facilities.

*Keywords:* visual monitoring; intelligent data processing; intelligent monitoring of the state of objects; hardware and software complex; artificial intelligence.

**Бугакова Татьяна Юрьевна**

Канд. техн. наук, Сибирский государственный университет геосистем и технологий  
kaf.pi@ssga.ru

**Шарапов Артем Андреевич**

Ассистент, Сибирский государственный университет геосистем и технологий  
sharapov\_artem@mail.ru

**Кацко Станислав Юрьевич**

Канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет геосистем и технологий  
s.katsko@ssga.ru

**Басаргин Андрей Александрович**

Канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет геосистем и технологий  
abaspirant@mail.ru

*Аннотация.* Статья описывает разработку и апробацию аппаратно-программного комплекса (АПК) для визуального мониторинга состояния инженерных объектов с использованием технологий компьютерного зрения и интеллектуальной обработки данных. В современных условиях, с увеличением сложности и уникальности строительных объектов, необходимость в постоянном мониторинге и контроле их состояния становится более актуальной. Авторы статьи рассматривают использование технологий компьютерного зрения для непрерывного визуального мониторинга объектов и анализа полученных изображений. В работе описывается структура АПК, который включает в себя высокоразрешающую фотокамеру, переносное цифровое устройство, программное обеспечение, и базу данных. Результаты апробации АПК показали его эффективность в режиме реального времени, позволяя проводить непрерывный мониторинг объектов, а также анализ изменений и дефектов. Такой подход дополняет данные, полученные от автоматизированных систем мониторинга, позволяя выявить причинно-следственные связи между изменением состояния объекта и внешними факторами. В работе подчеркивается важность применения технологий компьютерного зрения в мониторинге инженерных объектов и возможность улучшения точности и оперативности мониторинга, что имеет большое значение для обеспечения безопасности и эффективной эксплуатации сложных строительных объектов.

*Ключевые слова:* визуальный мониторинг; интеллектуальная обработка данных; интеллектуальный мониторинг состояния объектов; аппаратно-программный комплекс; искусственный интеллект.

## Введение

**Р**азвитие современных строительных технологий способствовало возведению сложных и уникальных зданий и инженерных сооружений, включая промышленные комплексы, высотные здания, огромные торгово-развлекательные центры и спортивные арены, рассчитанные на множество посетителей. Эти сооружения, хоть и представляют собой инженерные чудеса, но при их эксплуатации возникают потенциальные риски и опасности. Поэтому, несомненно, важным становится контроль и надзор за наиболее критическими структурными элементами этих сооружений.

Согласно ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», такие объекты должны быть оборудованы системами мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС). В рамках этих систем существуют подсистемы, такие как системы мониторинга инженерных (несущих) конструкций (СМИК), которые занимаются наблюдением и управлением изменениями состояния фундаментов и несущих конструкций в режиме реального времени. Это необходимо для своевременного выявления и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Сегодня на рынке существует множество компаний, предлагающих системы автоматизированного мониторинга, такие как Leica GeoMoS, NOVA Tech, СМИК ZETLAB, СМИС Эксперт, БАУ-Мониторинг, ГОЧС «БАЗИС» и другие. Эти системы играют ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности сложных инженерных объектов, предупреждая от возможных чрезвычайных ситуаций и обеспечивая контроль и наблюдение за состоянием конструкций.

Очевидным преимуществом систем автоматизированного мониторинга является способность получать данные в режиме реального времени, что позволяет оперативно передавать актуальную информацию о состоянии объекта для принятия управленческих решений и предотвращения аварий.

Тем не менее, при анализе существующих систем автоматизированного мониторинга, как на российском, так и на зарубежных рынках, были выявлены следующие недостатки. Автоматизированные системы мониторинга обычно включают аппаратное и программное обеспечение для передачи и анализа данных в режиме онлайн. Под анализом, в основном, подразумевается обработка данных с использованием алгоритмов, заложенных в программном обеспечении для определения отклонений от установленных пороговых значений, проверки на наличие критических состояний и предупреждения о возможных чрезвычайных событиях. Однако существующие системы не включают сложные математические

алгоритмы, которые позволили бы проводить более глубокий анализ и прогнозирование процессов, происходящих на технически сложных и уникальных объектах, а также решать нестандартные задачи, связанные с определением корреляции между состоянием объекта и внешними факторами. Эта необходимость в более сложных математических алгоритмах также обусловлена уникальностью формы и структуры объектов.

Кроме того, высокая стоимость автоматизированных систем мониторинга часто приводит к оптимизации их комплектации при установке на объектах, что может снижать полноту и объективность получаемых данных о состоянии зданий или инженерных сооружений. В связи с этим периодически проводятся визуальные обследования объектов, которые позволяют выявить видимые внешние повреждения и деформации, а также дефектные и аварийные участки, которые могут предвещать изменения в состоянии объекта.

В целом, проведение визуальных осмотров способствует более объективным выводам о состоянии зданий и инженерных сооружений, что дополняет информацию, полученную с помощью автоматизированных систем мониторинга, и позволяет выявлять существенные дефекты конструкций, которые по различным причинам могут остаться незамеченными средствами автоматизированного контроля. Однако на данный момент визуальные осмотры выполняются специалистами вручную, что может привести к задержкам в получении информации. Применение технологии компьютерного зрения в сочетании с методами интеллектуальной обработки данных позволило бы проводить визуальный мониторинг и анализ результатов в реальном времени, обеспечивая более оперативный контроль и реагирование на обнаруженные проблемы.

## Материалы и методы

На сегодняшний день, технологии компьютерного зрения, способные обнаруживать, классифицировать и анализировать объекты на основе изображений или видеопотока с камеры, успешно применяются в различных отраслях экономики. Примерами такого использования являются системы транспортного управления, МЧС (для обнаружения лесных пожаров) и другие.

После проведения обзора и анализа отечественных и зарубежных публикаций [3, 5–9], авторы пришли к выводу, что в настоящее время системы автоматизированного мониторинга состояния инженерных сооружений осуществляются с использованием технических средств, которые практически не используют технологии компьютерного зрения и интеллектуальной обработки данных.

Основной целью работы является усовершенствование методики автоматизированного мониторинга состояния объектов путем внедрения технологий компьютерного зрения и интеллектуальной обработки данных.

В рамках исследований, направленных на использование технологии компьютерного зрения для визуального мониторинга объекта и анализа полученных изображений с применением интеллектуальных алгоритмов, были решены следующие задачи.

1. Обнаружение объекта.
2. Определение его границ.
3. Создание базы данных для классификации объектов.
4. Распознавание и классификация изображения объекта.
5. Привязка объекта к условной системе координат.
6. Определение геометрических параметров (размеров) объекта.

В результате проведенных экспериментов был разработан аппаратно-программный комплекс, способный в реальном времени определять форму, размеры и геометрические параметры объекта, а также проводить интеллектуальный анализ изменений, происходящих с течением времени.

На рисунке 1 представлена структурная схема аппаратно-программного комплекса для визуального мониторинга состояния объекта.

Этот комплекс включает в себя цифровую фотокамеру (D) с высоким разрешением, установленную в фиксированной точке и закрепленную в неподвижном состоянии, а также портативное цифровое устройство (например, ноутбук или планшет) (B), интегрирующее

веб-сервер, программное обеспечение и базу данных для хранения передаваемой информации, включая фотоснимки.

Фотокамера регулярно захватывает изображение объекта мониторинга (A) в виде растровых фотоснимков. Затем, по беспроводному соединению Wi-Fi, эти фотоснимки отправляются в базу данных, а затем на сервер, где происходит их обработка и анализ с использованием программных решений, основанных на интеллектуальных алгоритмах распознавания образов. Процесс съемки осуществляется в течение заранее заданного временного периода (T), необходимого для фиксирования визуальных признаков изменения состояния объекта.

### Результаты

Для проведения экспериментов с аппаратно-программным комплексом визуального мониторинга объектов была создана полезная модель (зарегистрированная 21.04.2020, № 197310) с названием «Лабораторный стенд интеллектуального мониторинга геометрических параметров исследуемого объекта средствами систем машинного зрения». Общий вид этого стенда представлен на рисунке 2.

Структура стенда включает в себя основание в форме прямоугольного треугольника (1), к катетам которого прикреплены ограничительные панели (2, 3). На верхней панели основания закреплены видеокамеры (4, 5), их видеосигналы поступают на одноплатный компьютер (14). В центре верхней панели установлен поворотный столик (6), жестко связанный с нижней панелью. На этот столик устанавливается исследуемый объект (7), представляющий здание или сооружение. Изменение положения объекта в пространстве осуществляется путем поворота

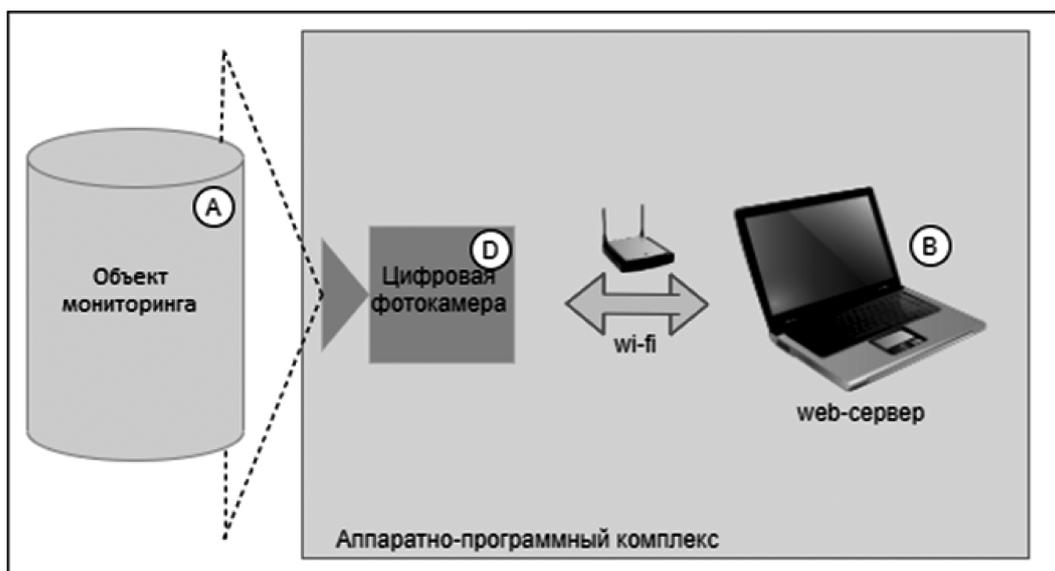


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса (АПК)

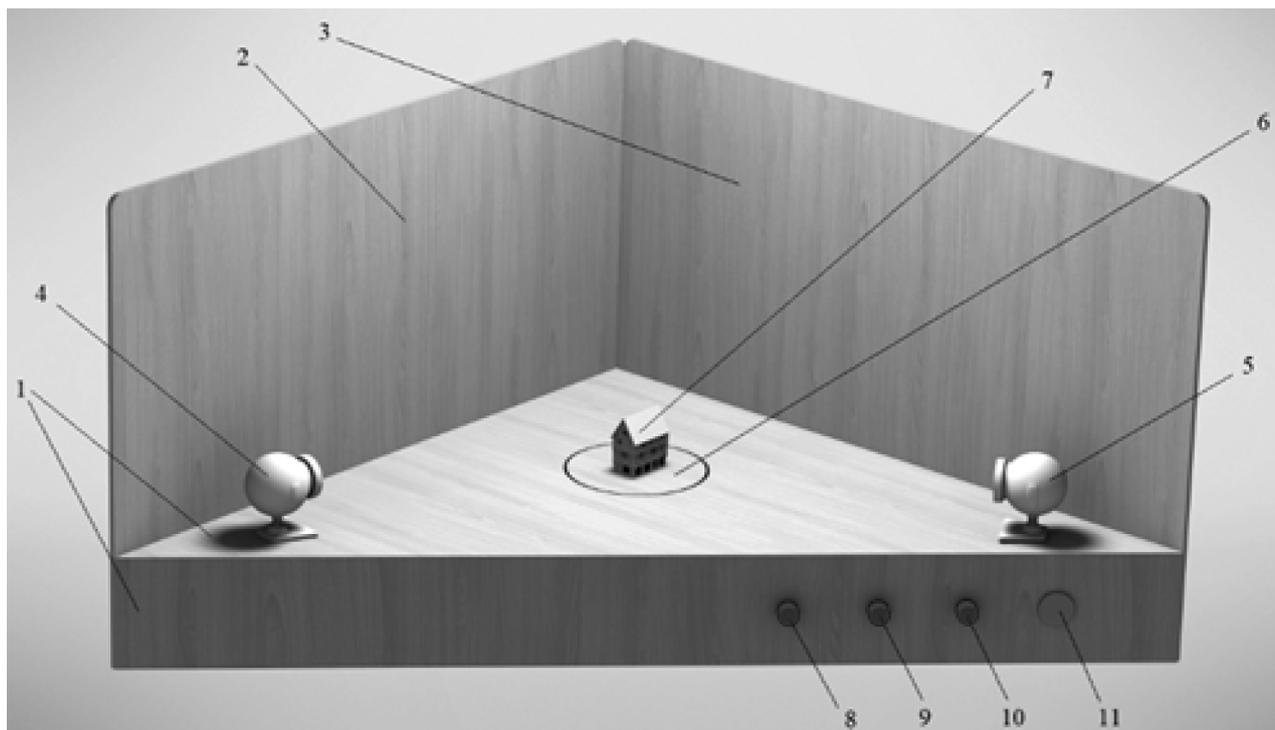


Рис. 2. Общий вид лабораторного стенда интеллектуального мониторинга геометрических параметров исследуемого объекта средствами систем машинного зрения

столика, который также оборудован датчиками угла — энкодерами (8, 9, 10), прикрепленными к лицевой панели основания. Платформа управления энкодерами (12) осуществляет программную обработку сигналов от энкодеров. Также внутри основания размещен одноплатный компьютер (14), который обрабатывает видеопоток и выводит информацию о состоянии объекта. Для включения всех компонентов стенда используется выключатель (11), расположенный на лицевой панели основания. Элементы питания (13) внутри основания обеспечивают работу платформы управления энкодерами и одноплатного компьютера.

На рисунке 3 представлена концептуальная схема функционирования лабораторного стенда интеллектуального мониторинга геометрических параметров объекта.

Для разработки программных модулей использовался язык программирования Python с использованием библиотеки OpenCV для компьютерного зрения с открытым исходным кодом. Эта библиотека включает в себя алгоритмы обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения и может быть свободно использована как в академических, так и в коммерческих целях на условиях лицензии BSD.

Для обнаружения границы объекта был разработан модуль «интеллектуального определения границ», который использует детектор границ Кенни для определения внешней границы объекта, как показано на рисунке 4.



Рис. 3. Концептуальная схема работы экспериментальной модели мониторинга геометрических параметров исследуемого объекта

Второй разработанный модуль предназначен для обнаружения дефектов, в данном случае трещин. Процесс поиска и распознавания трещин на объекте выполняется с использованием библиотеки OpenCV и детектора Хаара, что обеспечивает быструю обработку изображений и видеопотока. Для обучения детектора Хаара использовались положительные и отрицательные изображения трещин. Положительные изображения трещин (рисунок 5) представляют собой множество фотографий с изображенными трещинами, в то время как отрицательные изображения представляют собой фотографии без объекта (трещин).



Рис. 4. Определение границ объекта

С использованием утилиты `opencv_createsamples` был создан каскад для распознавания трещин, и его работа была проверена на изображении с трещиной (рисунки 6, 7).

Полезная модель была использована для отработки технологических этапов внедрения компьютерного зрения в процесс визуального мониторинга зданий и сооружений. Эти этапы включали в себя следующее:

- обнаружение трещин на изучаемых объектах;
- определение смещения структурных элементов сооружения относительно друг друга и относительно условной системы координат на основе видеоданных;
- определение границ объекта с использованием алгоритма Кенни;
- оценка положения и ориентации объекта относительно камеры.

Преимуществом визуального мониторинга с применением компьютерного зрения является то, что он дополняет информацию о состоянии объекта данными о его внешней структуре, наличии дефектов, деформа-

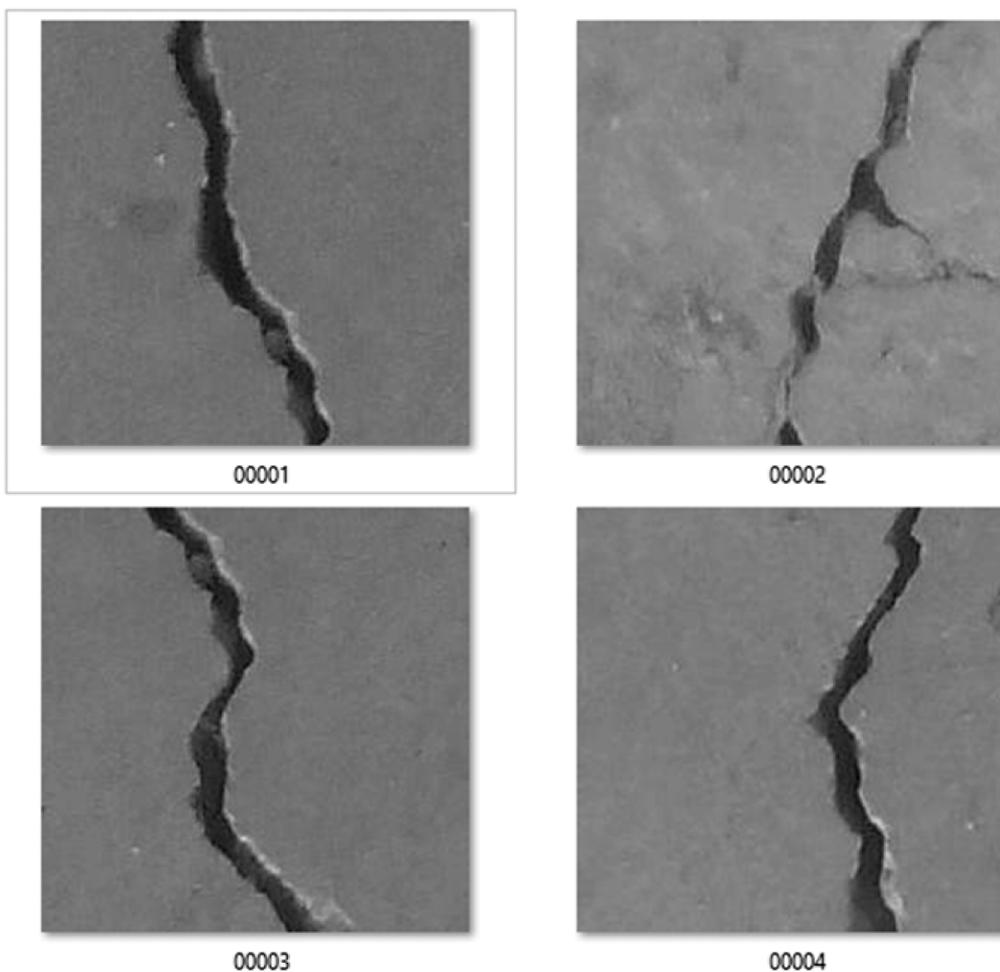


Рис. 5. Выборка из положительных фотографий, на которых присутствует изображение трещины

циях и изменении геометрических характеристик. Это позволяет сделать выводы о взаимосвязи между изменением состояния объекта и воздействием внешних факторов [1, 2].



Рис. 6. Изображение с видимой трещиной

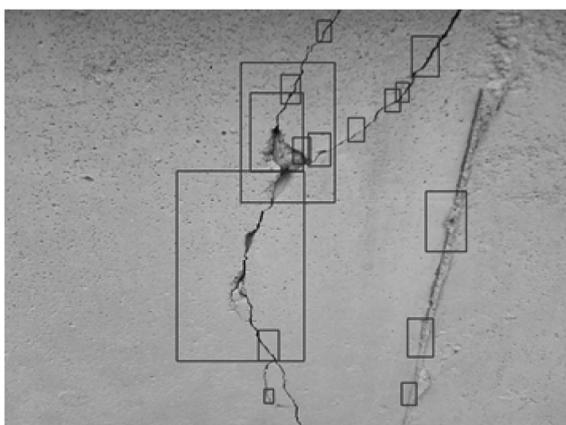


Рис. 7. Результат работы программного модуля для определения трещин на объекте

### Дискуссия

На данный момент существуют примеры в области фотограмметрии, где используются технологии компьютерного зрения для наблюдения за трещинами и деформационными швами в строительных конструкциях [4]. Тем не менее, разработки, представленные авторами, отличаются от фотограмметрических систем мониторинга технологическими решениями, которые позволяют в режиме реального времени не только отслеживать состо-

яние трещин, но и следить за всей внешней структурой объекта, обнаруживать дефекты, деформации и изменения геометрических характеристик конструкции объекта [8, 9].

Результаты данного исследования были представлены на научном международном форуме «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» в Новосибирске. В ходе дискуссии было отмечено, что использование технологий компьютерного зрения в сочетании с автоматизированными системами мониторинга состояния зданий и инженерных сооружений позволит дополнить данные, полученные с помощью автоматизированных систем, информацией из визуального мониторинга в режиме реального времени. Интеллектуальная обработка данных из визуального мониторинга позволит выявлять причинно-следственные связи между изменениями состояния объекта и воздействием внешних факторов.

### Заключение

После апробации аппаратно-программного комплекса для визуального мониторинга объектов на лабораторном стенде, было выявлено, что сочетание компьютерного зрения и автоматизированных систем мониторинга (СМИК) позволяет осуществлять непрерывный визуальный мониторинг объекта в реальном времени. Это включает в себя анализ изображений с использованием интеллектуальных алгоритмов обработки данных, а также выявление и классификацию дефектов строительных конструкций, анализ количественных изменений параметров объекта.

Компьютерное зрение оказывается эффективным средством для постоянного мониторинга состояния здания или инженерного сооружения как с внешней, так и с внутренней стороны. Экспериментальное исследование точности съемки объекта фотокамерой позволило сделать вывод о зависимости точности определения координат пикселей в условной пространственной системе координат от разрешения фотокамеры, расстояния от фотокамеры до объекта и уровня освещения. Также следует отметить, что увеличение расстояния между фотокамерой и объектом приводит к уменьшению точности измерений, требуя использования фотокамеры с более высоким разрешением в таких случаях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бугакова, Т.Ю., Шарапов А.А. Применение мультиагентного подхода для определения пространственно-временного состояния техногенных систем // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. — Новосибирск, 2016. — С. 189–194.
2. Бугакова, Т.Ю., Шарапов А.А. Алгоритмы функционирования мультиагентной системы определения пространственно-временных состояний объекта // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. — Новосибирск, 2017. — С. 3–7.
3. Войнаровский А.Е., Леонтьева А.Б., Тюрин С.В., Тихонов С.Г., Артемьева О.В. Фотограмметрическая технология дистанционного высокоточного 3d-мониторинга трещин и деформационных швов в зданиях и сооружениях // Архитектурная фотограмметрия. — URL: <https://photogrammetria.ru/321-fotogrammetricheskaja-tehnologija-distancionnogo-vysokotochnogo-3d-monitoringa-treschin-i-deformacionnyh-shvov-v-zdaniyah-i-sooruzhenijah.html>.

4. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018).
5. ГОСТ Р 22.1.12-2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений.
6. Середович В.А., Студенков С.С., Ткачева Г.Н. Опыт создания стационарных систем геодезического деформационного мониторинга при эксплуатации инженерных объектов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. — Новосибирск, 2006. — С. 120–124.
7. Хорошилова, Ж.А., Хорошилов В.С. Деформационный мониторинг инженерных объектов как составная часть геодезического мониторинга // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. — Новосибирск, 2012. — С. 77–80.
8. Barazzetti L., Scaioni M. (2009) Crack measurement: development, testing and applications of an automatic image-based algorithm. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.02.004.
9. Sarker, M.M., Ali, T.A., Abdelfatah, A., Yehia, S., and Elaksher, A.: A (2017) cost-effective method for crack detection and measurement on concrete surface. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W8-237-2017.

---

© Бугакова Татьяна Юрьевна (kaf.pi@ssga.ru); Шарапов Артем Андреевич (sharapov\_artem@mail.ru);  
Кацко Станислав Юрьевич (s.katsko@ssga.ru); Басаргин Андрей Александрович (abaspirant@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПУТЫВАЮЩЕЙ ПЕРЕМЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

## MODELING AND INVESTIGATION OF A CONFUSING VARIABLE USING LINEAR REGRESSION MODELS

**O. Buchnev  
A. Atalyan**

*Summary.* Modeling of the impact of a confounding variable was carried out when the exposure is binary, and the confounding variable and the response variable are continuous. Experiments were carried out with the model. Linear regression models were used to examine the change in the value of the regression coefficient and the standard error of the regression coefficient before and after including the confounding variable in the regression model.

*Keywords:* confounding, regression models, modelling, observational data analysis.

**Бучнев Олег Сергеевич**

к.т.н., доцент, Иркутский национальный  
исследовательский технический университет  
buchnevo81@mail.ru

**Аталян Алина Валерьевна**

к.б.н., старший научный сотрудник, руководитель  
функциональной группы информационных систем  
и биostatистики, Научный центр проблем здоровья  
семьи и репродукции человека (г. Иркутск)

*Аннотация.* Выполнено моделирование спутывающей переменной, когда признак-фактор бинарный, а сама спутывающая переменная и переменная отклика непрерывные. Проведены эксперименты с моделью. С помощью моделей линейной регрессии исследовано как изменяются значения коэффициента регрессии и стандартной ошибки коэффициента регрессии до и после включения спутывающей переменной в регрессионную модель при различных значениях сбалансированности выборки.

*Ключевые слова:* спутывающая переменная, регрессионные модели, моделирование, анализ обсервационных данных.

В современном анализе данных, будь то статистическая обработка данных, полученных в результате подготовленного и выполненного исследования, или данных, для сбора которых не проводилось планирование, всегда были актуальными вопросы анализа причинно-следственных связей. В наборе данных могут быть переменные, которые оказывают влияние как на зависимую переменную, так и на оказывающий воздействие фактор. Такие переменные называются конфаундер, спутывающая переменная, спутывающий фактор и т.д. Они вносят смещение в результирующие оценки, из-за которого можно не увидеть причинно-следственную связь там, где она есть, или обнаружить там, где в действительности ее нет. Для того, чтобы переменная была конфаундером, или спутывающей переменной, она должна удовлетворять трем условиям: 1) эта переменная оказывает влияние на отклик; 2) имеет различное распределение в группах, образованных различными значениями признака-фактора  $X$ ; 3) не подвержена воздействию признака-фактора  $X$ . [6]

В отечественной и зарубежной литературе предложены множество способов устранения влияния спутывающих переменных [1, 3, 4, 5, 7, 9] от построения регрессионных моделей до использования различных методов машинного обучения: Байесовская поправка на спутывающие переменные (Bayesian adjustment for

confounding, BAC), обобщенная Байесовская оценка причинности (generalized Bayesian causal effect estimation, GBCEE), групповая оценка Лассо регрессии и дважды надежные оценки (Group Lasso and doubly robust estimation (GLiDeR), оценка, основанная на максимальном правдоподобии (the scalable collaborative targeted maximum likelihood estimation (SC-TMLE)), многомерные оценки меры склонности (High-dimensional propensity scores (hdPS)). Эти методы имеют множество ограничений и требовательны к исходным данным, поэтому область их применения ограничена [5].

В статистических исследованиях, которые выполняются на выборках относительно небольшого объема, для идентификации спутывающих переменных актуально применение регрессионных моделей. Идентификация спутывающих переменных и устранение влияния, которые они оказывают, является важным этапом прикладных исследований в эпидемиологии, маркетинге, социологии, экономике и других областях. [7].

Применение статистических моделей является наиболее общим способом контроля спутывающих переменных, когда отсутствует возможность постановки активного эксперимента, или при планировании эксперимента не было учтено влияние спутывающих переменных. Этот способ основан на построении регрессионной модели, в которой кроме зависимой переменной

$Y$  и действующего признака-фактора  $X$  участвует возмозная спутывающая переменная  $C$ . На первом этапе строится регрессионная модель зависимой переменной и действующего фактора:

$$Y = b_0 + b_1X. \quad (1)$$

Статистическая связь признака-фактора и зависимой переменной доказывается значимостью коэффициента регрессии  $b_1$  в модели. Далее выполняют корректировку, для чего в регрессионную модель включают переменную, которая, предположительно, является спутывающей переменной:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2C. \quad (2)$$

Существуют различные подходы к оценке различия параметров и их статистических свойств в регрессионных моделях до включения в них спутывающей переменной и после. Они описаны, например, в работе [3]. В данной работе изучено изменение значения  $p$ -value для коэффициентов и изменение значения коэффициентов в процентах. Первый подход предполагает, что есть основания предполагать, что переменная  $C$  является спутывающей переменной, если коэффициент в регрессионной модели  $b_1$ , после включения в нее спутывающей переменной, перестает быть статистически значимым, но при этом статистически значимым становится коэффициент  $b_2$ . Второй подход предполагает оценку изменения коэффициента при  $b_1$ : если он, после включения в модель признака  $C$ , изменяется более чем на 10%, то считают, что переменная  $C$  спутывающая переменная [2,8]. Именно такой метод контроля рекомендован для использования в прикладных исследованиях [3]. Однако она обладает следующими недостатками: оценки коэффициентов регрессии и  $p$ -value могут быть искажены неверным предположением о виде зависимости между переменными. Кроме того, необходимо учитывать направление причинной связи между фактором и зависимой переменной.

В данной работе выполнено моделирование влияния спутывающей переменной и исследовано как изменяются значения коэффициентов и стандартные ошибки коэффициентов до включения и после включения спутывающей переменной в модель. При этом исследовано, как влияет сбалансированность выборки на значения коэффициентов и стандартные ошибки коэффициентов.

Целью исследования является моделирование спутывающей переменной и оценка зависимости отношения коэффициентов модели регрессии, а также стандартного отклонения оценки в зависимости от меры влияния спутывающей переменной при различных значениях сбалансированности выборки до и после включения спутывающей переменной в модель.

Для исследования построена и реализована на языке R модель, основанная на примере [7]. Программный модуль с текстом программы размещен в GitHub и доступен по ссылке [https://github.com/BuchnevOS/confounder\_CIE/blob/main/confounders.R].

Этапы алгоритма моделирования спутывающей переменной:

1. Используя коэффициент  $k$ , создать значения бинарного признака  $X$  — признак-фактор. Коэффициент  $k$  отвечает за сбалансированность выборки:  $k = 0,1$  — плохо сбалансированная выборка,  $k = 0,5$  — хорошо сбалансированная выборка.
2. Создать значения нового признака с нормальным распределением  $C$ , используя коэффициент  $T$ , определяющий значение математического ожидания в каждой группе:  $M[C | X = 0] = 0$ ,  $M[C | X = 1] = T$ .
3. Создать значения зависимой переменной

$$Y = 1 + b_1 * C + 20 * X + \varepsilon, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  — нормально распределенная случайная величина с нулевым математическим ожиданием и стандартным отклонением, равным 10.

Признак  $C$  в этой модели является спутывающей переменной, так как удовлетворяет всем трем условиям: 1) формирует значение отклика с помощью коэффициента  $b_1$  в (3); 2) величина коэффициента  $T$  обуславливает различное распределение в группах, образованных различными значениями признака-фактора  $X$ ; 3) не является эффектом воздействия признака-фактора  $X$  [6]. Последнее требование актуально для тех задач, в которых исследуется определенная предметная область.

Эксперименты с моделью проводились многократно. При каждом значении набора параметров генерировались сто выборок объемом одна тысяча элементов каждая. При проведении экспериментов изменялись значения коэффициента  $k$ , указывающего на сбалансированность выборки. Изменялось смещение (разность средних)  $T = M[C | X = 0] - M[C | X = 1]$ , обусловленное значениями признака-фактора: оно принимало значения 0; 0,1; 0,5; 1; 5; 10. Также изменялась мера влияния спутывающей переменной на зависимую переменную (коэффициент  $b_1$  в (3)): принимались значения 0,5; 1,5; 3. В каждом эксперименте с моделью оценивалась регрессия по формулам (1) и (2). При этом фиксировались значения коэффициентов  $b_1$  в моделях до и после корректировки на спутывающую переменную, значения  $p$ -value, а также значения стандартных ошибок коэффициентов регрессии. Далее было вычислено процентное изменение коэффициентов до корректировки и после и процентное изменение стандартных ошибок коэффициентов регрессии до корректировки и после.

По данным, полученным в результате экспериментов, построены графики, на которых видно, как зависят значения регрессионных коэффициентов при переменной  $X$  в (2) и их стандартные ошибки от того, насколько выборка сбалансирована, от величины смещения  $T$ , обусловленного значениями признака-фактора, и от того, какой вклад вносит спутывающая переменная в значение зависимой переменной. Поскольку значения коэффициентов регрессии распределены нормально, значения коэффициентов, полученные при выполнении 100 экспериментов при каждом наборе значений параметров были усреднены для всех оценок, за исключением изменения оценки коэффициента  $b_1$  до и после поправки. Для этого показателя бралось медианное значение.

На рисунках ниже приведены графики, построенные по результатам компьютерного моделирования, которые отражают изменение коэффициента  $b_1$  в (1) и в (2) (на графиках  $b$  и  $b_*$ ) и их изменения в процентах, стандартной ошибки коэффициентов регрессии ( $sd$  и  $sd_*$ ) для моделей (1) и (2) и их изменения в процентах при различных значениях сбалансированности выборки, величины смещения  $T$ , обусловленного значениями признака-фактора, и мерой влияния спутывающей переменной на значение зависимой переменной ( $b_1$  в (3)).

Основные выводы, которые можно сделать по результатам проведенных с моделью экспериментов.

1) Изменение значения коэффициента регрессии в процентах связано с показателем сбалансированности выборки незначительно. При этом от сбалансированности выборки зависит изменение в процентах значения ошибки для коэффициента: для плохо сбалансированных выборок он изменяется сильнее.

2) Уменьшение в процентах от исходного значения коэффициента  $b_1$  в модели (2) зависит не только от величины смещения, обусловленного значениями признака-фактора, но и от вклада спутывающей переменной в значение зависимой переменной: чем этот вклад больше, тем сильнее изменяется значение коэффициента.

3) На хорошо сбалансированных выборках при незначительном смещении  $T$ , обусловленном значениями признака-фактора, ошибка оценки коэффициента изменяется существенно. Чем больше это смещение, тем слабее в процентах уменьшается ошибка оценки коэффициента, причем, с ростом влияния спутывающей переменной на значение зависимой переменной, изменение стандартной ошибки коэффициента в процентах становится сильнее.

Последний вывод говорит о том, что имеет смысл оценивать действие спутывающей переменной не только по изменению значения коэффициента регрессии до и после введения в модель спутывающей переменной.

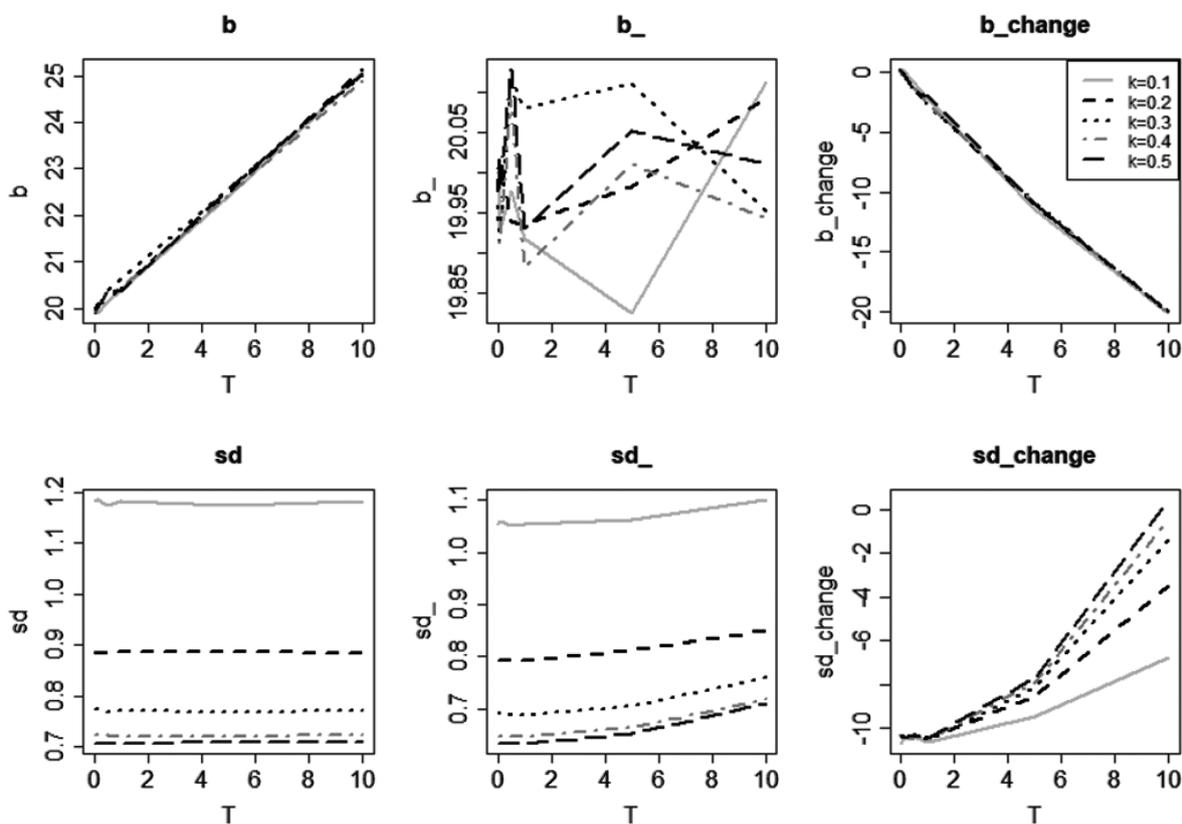


Рис. 1. Изменение оценок в регрессионных моделях при  $b_1=0,5$  в модели (3)

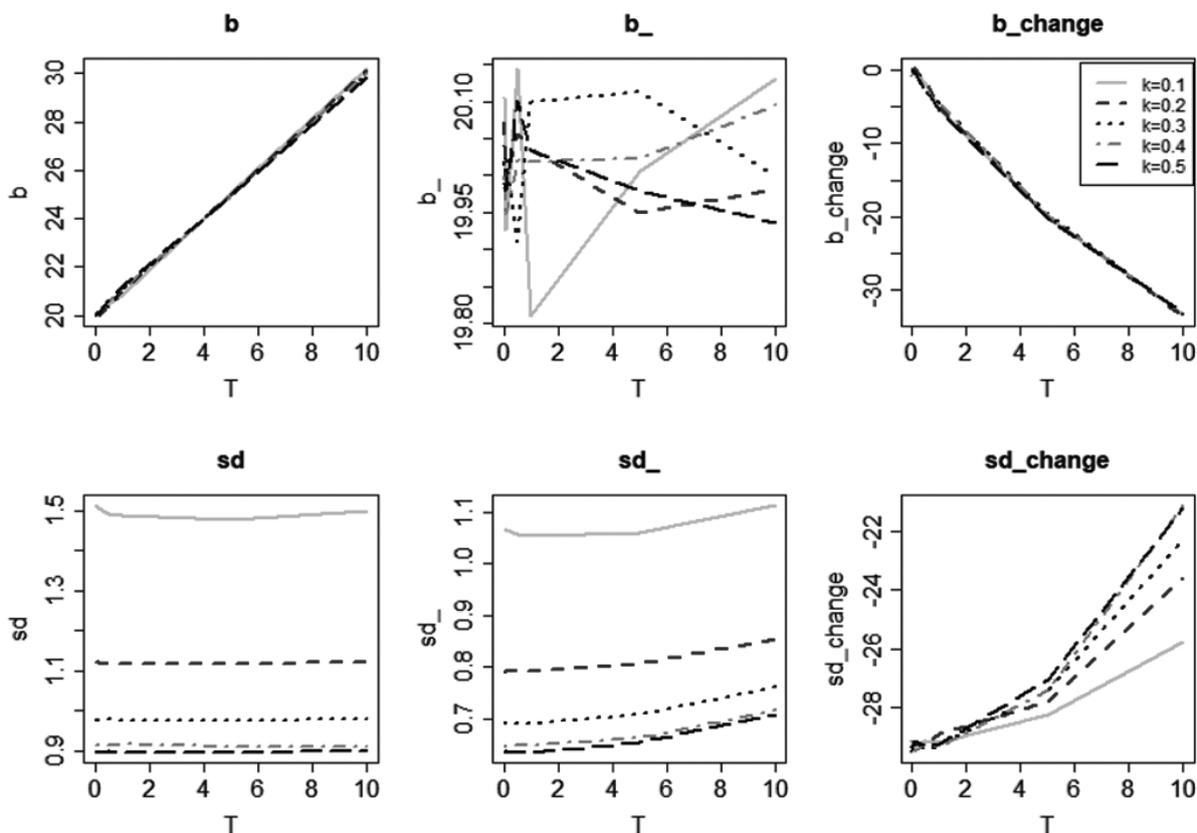


Рис. 2. Изменение оценок в регрессионных моделях при  $b_1=1$  в модели (3)

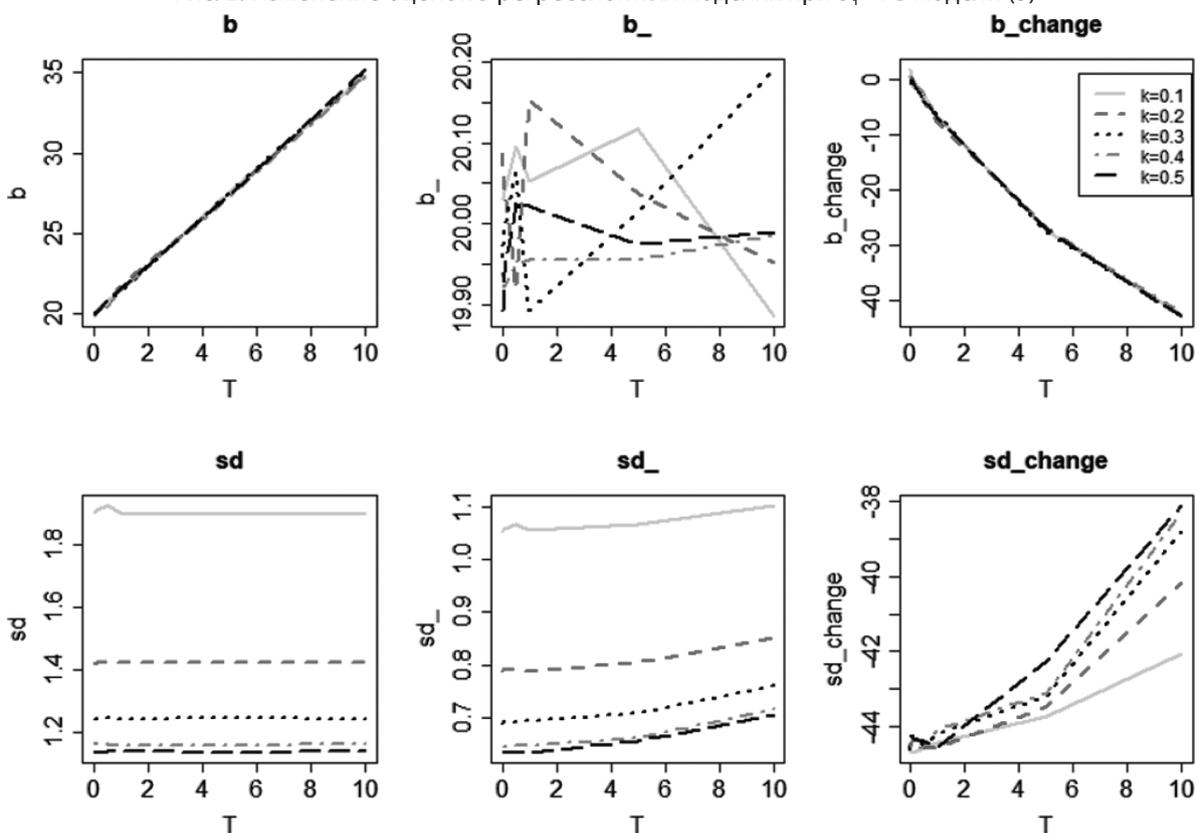


Рис. 3. Изменение оценок в регрессионных моделях при  $b_1=1,5$  в модели (3)

ной, но и по изменению ошибки оценки этого коэффициента.

### Заключение

В работе реализована и описана модель, с помощью которой проведены компьютерные эксперименты с влиянием спутывающей переменной. Эксперименты с моделью показали, что правило о 10 % изменении коэффициента регрессии после введения спутывающей

переменной в модель работает при сильном влиянии спутывающей переменной на зависимую переменную. В случае слабого влияния информативным может быть изменение стандартной ошибки коэффициента регрессии. При этом изменение значения коэффициента регрессии практически не зависит от сбалансированности выборки, в то время как изменение значения стандартной ошибки регрессии зависит от сбалансированности выборки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вараксин А.Н., Шалаумова Ю.В., Панов В.Г. Принципы контроля конфаундеров в сравнительных исследованиях в экологии: стандартизация и регрессионные модели // Принципы экологии. 2014. Т. 3. № 1. С. 4–14.
2. Budtz-Jørgensen E, Keiding N, Grandjean P, Weihe P. Confounder selection in environmental epidemiology: Assessment of health effects of prenatal mercury exposure. *Ann Epidemiol.* 2007;17:27–35.
3. Denis Talbot, Awa Diop, Mathilde Lavigne-Robichaud and Chantal Brisson. The change in estimate method for selecting confounders: A simulation study//Statistical Methods in Medical Research 2021, Vol. 30(9) 2032–2044.
4. G Maldonado, S Greenland. Simulation study of confounder-selection strategies//Am J Epidemiol. 1993 Dec 1;138(11):923–36. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a116813.
5. Imane Benasseur, Denis Talbot, Madeleine Durand, Anne Holbrook, Alexis Matteau, Brian J Potter, Christel Renoux, Mireille E Schnitzer, Jean-Éric Tarride, Jason R Guertin. A comparison of confounder selection and adjustment methods for estimating causal effects using large healthcare databases//Pharmacoepidemiol Drug Saf. 2022 Apr;31(4):424–433. doi: 10.1002/pds.5403. Epub 2022 Jan 7.
6. K J Jager, C Zoccali, A Macleod, F W Dekker. Confounding: what it is and how to deal with it//Kidney Int. 2008 Feb;73(3):256–60. doi: 10.1038/sj.ki.5002650.
7. McNamee R. Regression modelling and other methods to control confounding. *Occup Environ Med.* 2005;62:500–6.
8. Paul H. Lee. Is a Cutoff of 10 % Appropriate for the Change-in-Estimate Criterion of Confounder Identification?// J Epidemiol. 2014; 24(2): 161–167. doi: 10.2188/jea.JE20130062.
9. Tyler J VanderWeele. Principles of confounder selection//Eur J Epidemiol. 2019 Mar;34(3):211–219. doi: 10.1007/s10654-019-00494-6. Epub 2019 Mar 6.

© Бучнев Олег Сергеевич (buchnevo81@mail.ru); Аталян Алина Валерьевна  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ БУДУЩЕЕ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Жагловская Анна Валерьевна**

Кандидат экономических наук, доцент, Национальный  
исследовательский технологический университет  
«МИСИС», г. Москва  
zhaglovskaya.av@gmail.com

## THE INTELLIGENT FUTURE OF DIGITAL PLATFORMS: EFFICIENCY AND PROSPECTS

**A. Zhaglovskaya**

*Summary.* The article discusses the concept of digital platforms and their advantages. Based on the analysis of statistical data, an assessment of the prospects for the development of digital platforms in Russia was carried out. The concept of artificial intelligence, neural networks as the latest technologies that increase the efficiency of digital platforms is given. The problems of the use of artificial intelligence in the activities of digital platforms are identified and the prospects for their solution are determined. The author comes to the conclusion about the positive prospects for the development of digital platforms in Russia based on artificial intelligence. In the future, intelligent digital platforms can become the basis for creating new business models, organizing employee training and work, companies' interaction with government structures and other forms of socio-economic interaction. However, the development of intelligent digital platforms involves solving existing problems related to cybersecurity, privacy protection, compliance with ethical standards, overcoming the growth of competition as a result of reducing barriers to entry to the market, as well as the problem of shortage of highly qualified specialists with expertise in building a complex network of solutions that provide a seamless customer experience. Solving these problems will improve the efficiency of digital platforms in modern Russian conditions.

*Keywords:* digital platform, platformization, artificial intelligence, neural network, digitalization, digital transformation.

*Аннотация.* В статье рассмотрено понятие цифровых платформ и их преимущества. На основе анализа статистических данных проведена оценка перспектив развития цифровых платформ в России. Дано понятие искусственного интеллекта, нейросети как новейших технологий, повышающих эффективность деятельности цифровых платформ. Выявлены проблемы применения искусственного интеллекта в деятельности цифровых платформ и определены перспективы их решения. Автор приходит к выводу о положительных перспективах развития цифровых платформ в России на базе искусственного интеллекта. В перспективе интеллектуальные цифровые платформы могут стать основой для создания новых моделей бизнеса, организации обучения и работы сотрудников, взаимодействия компаний со структурами власти и других форм социально-экономического взаимодействия. Однако развитие интеллектуальных цифровых платформ предполагает решение существующих проблем, которые касаются кибербезопасности, защиты частной жизни, соблюдения этических норм, преодоления роста конкуренции в результате снижения барьеров входа на рынок, а также проблемы нехватки высококвалифицированных специалистов, имеющих экспертизу в выстраивании сложной сети решений, предоставляющих бесшовный клиентский опыт. Решение данных проблем позволит повысить эффективность деятельности цифровых платформ в современных российских условиях.

*Ключевые слова:* цифровая платформа, платформизация, искусственный интеллект, нейросеть, цифровизация, цифровая трансформация.

### Введение

Социально-экономические процессы последних лет способствовали активной цифровой трансформации, развитию электронного бизнеса и возникновению новых процессов в экономике. Одним из таких процессов стала платформизация экономики, которая представляет собой процесс ее изменения в результате активного формирования цифровых платформ и внедрения платформенных технологий.

В настоящее время одним из наиболее перспективных инструментов повышения эффективности деятельности цифровых платформ является применение технологий прогнозирующего и встроенного искусственного интеллекта. Эксперты сходятся во мнении, что именно применение искусственного интеллекта для принятия управленческих решений на основе результатов углу-

бленного анализа больших данных клиентской информации позволяет современным компаниям повышать эффективность своей деятельности, закладывая основы успешного развития в будущем. Поэтому тема исследования имеет большую актуальность в современных условиях.

Целью исследования является оценка интеллектуального будущего цифровых платформ с точки зрения его эффективности и перспектив развития.

### Перспективы развития цифровых платформ как новой бизнес-модели

Стремительное внедрение цифровых технологий в социально-экономические процессы, а также сопутствующие им явления стали причиной формирования ряда факторов и детерминант, влияющих на структури-

рование новых бизнес-процессов и стратегий компаний, развивающихся на базе цифровых платформ.

Большинство источников определяет цифровую платформу как особенную бизнес-модель, характерной чертой которой является возможность связи поставщиков с потребителями в онлайн-формате с целью обмена товарами, услугами или информацией [5, 9, 18]. А.И. Коваленко при этом уточняет, что такую бизнес-модель, как цифровая платформа, может применять даже традиционное промышленное предприятие [7, с. 65].

И.З. Гелисханов, Т.Н. Юдина, А.В. Бабкин подчеркивают, что формирование ценности и ценообразования в условиях цифровой платформы является ее отличительной особенностью от модели классических посредников, когда отсутствует взаимный интерес участников, а также от вертикально интегрированных структур, объединяющих только одну сторону рынка [5, с. 26]. А.В. Шелепов в определении цифровых платформ подчеркивает инструменты, с помощью которых они функционируют (программное обеспечение, приложения, облачные хранилища, моделирование, машинное обучение и т.д.) [15].

Аналитиками Центрального банка РФ цифровая платформа определяется как информационная система, имеющая своей основой сеть Интернет. Цель цифровых платформ ими определена аналогично указанным выше авторам [17].

В современных условиях цифровые платформы проникли не только в коммерческую деятельность, но и в государственный сектор, где формируются платформы для взаимодействия граждан с государственными органами.

Рост популярности цифровых платформ обусловлен их уникальными свойствами, способствующими повышению конкурентных преимуществ компаний и эффективности их деятельности (рис. 1).

Цифровые платформы представляют собой сложные технологические системы, которые позволяют взаимодействовать различным субъектам — пользователям, предприятиям, разработчикам и т.д. Основой их работы являются изначально заложенные алгоритмы и принципы функционирования, которые постоянно совершенствуются за счет подключения новых данных и постоянного обучения.

О перспективности развития цифровых платформ в России свидетельствует динамика развития электронного бизнеса (рис. 2).

На графике наглядно предоставлен стремительный рост сегмента электронной коммерции в России с 1725 млрд руб. в 2017 году до 11421,2 млрд руб. в 2022 году.

Кроме того, о больших перспективах цифровых платформ в России также свидетельствует рост доли онлайн торговли в общем торговом обороте с 3,3 % в 2016 году до 11,7 % в 2022 году (рис. 3).

Также необходимо отметить, что по итогам 2022 года 58 % граждан России имеют опыт покупок онлайн. В 2022 году 71 % заказов (62 % в 2021 году) и 47 % продаж (37 % в 2021 году) пришлось на крупнейшие цифровые платформы — маркетплейсы. Экспертами прогнозируется

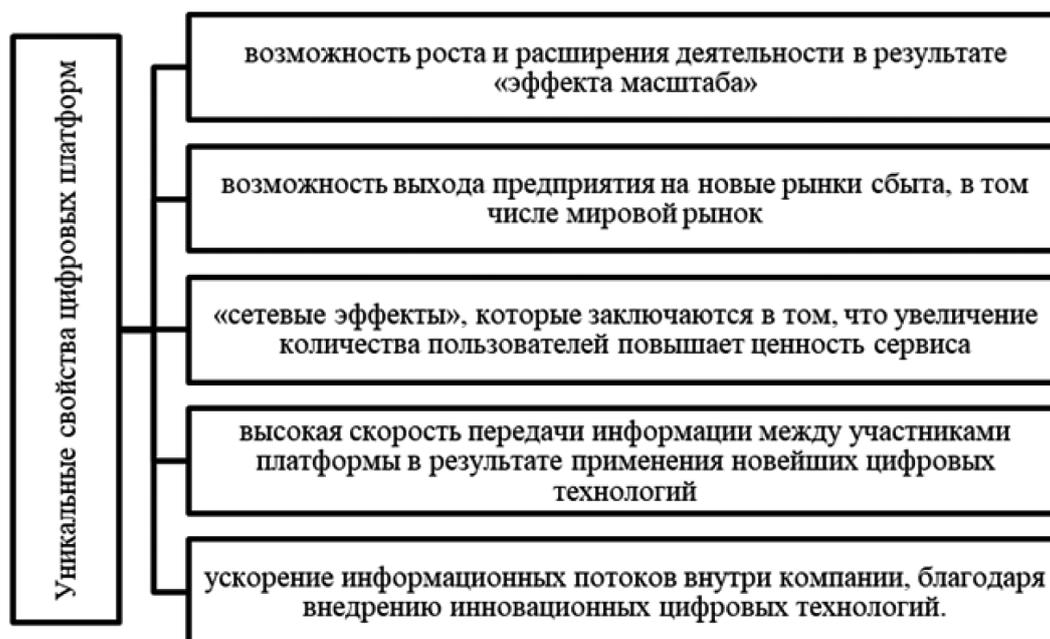


Рис. 1. Специфические свойства цифровых платформ  
Источник: составлено автором по данным [13, 19]

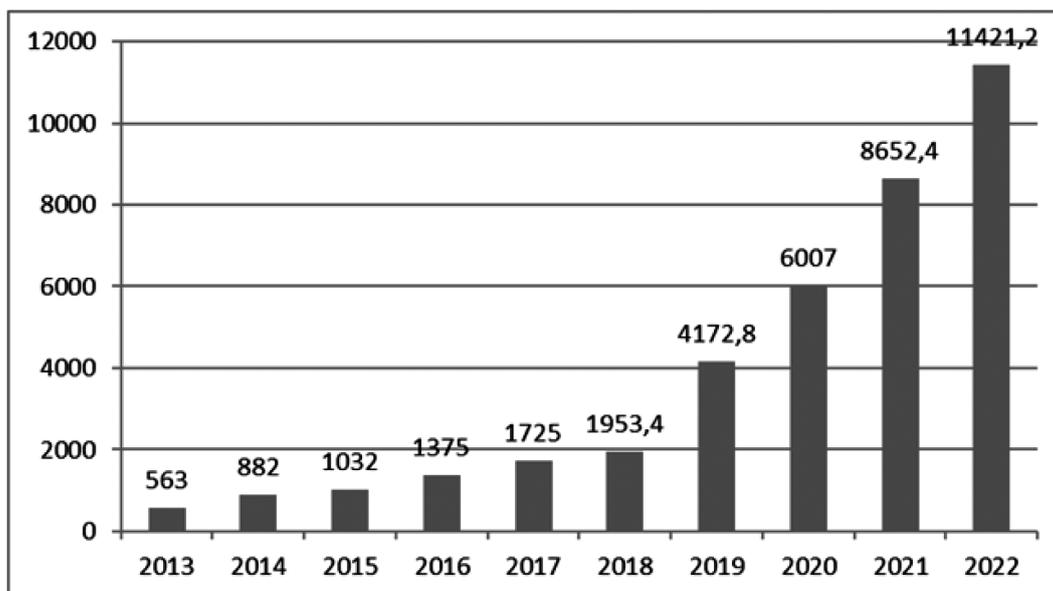


Рис. 2. Динамика сегмента электронной коммерции в 2013–2022 гг. в России, млрд руб.

Источник: составлено автором по данным [16]

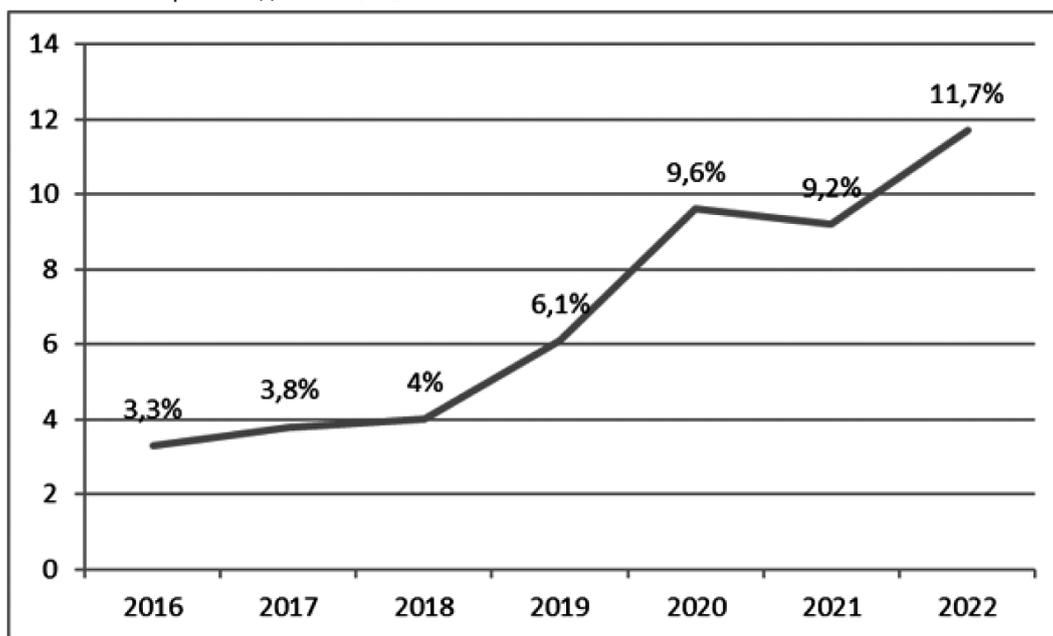


Рис. 3. Динамика доли онлайн торговли в общем торговом обороте в России в 2016–2022 гг., %

Источник: составлено автором по данным [16]

рост сегмента электронной коммерции на 30 % по итогам 2023 года [14, 16].

В пользу развития российских цифровых платформ также играет динамика доли трансграничной торговли в общем объеме интернет-торговли. Ее сокращение с 30 % в 2018 году до 4 % в 2022 году было обусловлено тремя основными причинами: отказ крупных зарубежных платформ от доставки заказов в Россию, сложности с логистикой в результате антироссийских санкций и закрытия границ в период пандемии коронавируса, невоз-

можность оплаты заказов картами российских банков [16]. Все это способствовало развитию российских цифровых платформ и определяет их дальнейшие положительные перспективы.

#### Искусственный интеллект в деятельности цифровых платформ

Будущее цифровых платформ связывается с использованием искусственного интеллекта, нейросетей и машинного обучения, которые все чаще применяются в их деятельности в последние годы и являются незамени-

мыми при обработке больших массивов пользовательских данных.

Искусственный интеллект — это комплекс технологических решений, который позволяет создавать машины и программы, способные имитировать когнитивные функции человека с целью получения результата, сопоставимого с результатами умственной деятельности человека. То есть искусственный интеллект стремится создать системы, которые могут выполнять задачи, обычно требующие человеческой интеллектуальной способности, такие как понимание естественного языка, распознавание речи, обучение, планирование, принятие решений и т.д. Другими словами, искусственный интеллект позволяет машинам «думать» и «учиться», делая их способными решать сложные задачи без прямого участия человека [1, 3, 6].

Искусственный интеллект способен предлагать более точные и актуальные решения для пользователей, предсказывать их поведение и предпочтения, автоматизировать рутинные операции и таким образом, значительно упрощать взаимодействие людей с цифровыми сервисами и технологиями. Обезличенные большие данные анализируются нейросетями, определяются лучшие практики продаж, предугадываются потребности, исходя из опыта других компаний. За счет этого увеличивается число релевантных предложений продуктов и сервисов, а значит, растут объемы операций. В России данная технология развивается в рамках Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [1] и Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники на период до 2024 г. [2].

Наиболее актуальная и значимая тенденция в развитии искусственного интеллекта — это рост популярности технологий Low-code и Now-code, которые позволяют без участия IT-специалистов и обширных знаний программирования создавать автоматизированную среду (сайты, приложения и т.д.) с помощью нейросетей на базе искусственного интеллекта. Это позволяет более эффективно масштабировать деятельность компаний в короткие сроки и с меньшими затратами. Следовательно, таким способом повышается эффективность цифровых платформ [6].

Одним из зарождающихся трендов является развитие искусственного интеллекта на базе нейросетей. Нейросеть (или искусственная нейронная сеть) — это алгоритм машинного обучения, имитирующий работу человеческого мозга для предсказания образцов или принятия решений. Она используется для решения сложных задач, которые трудно решить с помощью традиционных алгоритмов. Данная модель состоит из слоев, включающих множество связанных между собой узлов (нейронов),

где каждый нейрон обрабатывает информацию и передает ее дальше [4, 11].

Ежедневно генерируются новые сценарии автоматизации и применения искусственного интеллекта для ускорения взаимодействия с клиентами. В настоящее время голосовых роботов, принимающих заявки от клиентов, невозможно отличить от человека. По оценкам экспертов, новые модели искусственного интеллекта, скорее всего, будут использоваться для ускорения поиска информации, создания голосовых и текстовых помощников в решении бытовых вопросов или сервисных запросов клиентов [6].

Однако развитие интеллектуального будущего цифровых платформ имеет не только положительные последствия, но и отрицательные. Во-первых, необходимо затронуть проблему роста конкуренции. Так, снижение барьеров входа на рынок в результате дальнейшего развития технологий Low-code и Now-code, повлечет за собой рост числа компаний на рынке, что означает повышение уровня конкуренции. Это потребует дополнительных усилий, в том числе финансовых ресурсов, от компаний для завоевания потребителей. Как следствие, эффективность цифровых платформ может снизиться.

Во-вторых, необходимо отметить проблему нехватки высококвалифицированных специалистов, имеющих экспертизу в выстраивании сложной сети решений, предоставляющих бесшовный клиентский опыт. В настоящее время таких специалистов немного, а при прогнозируемом расширении применения искусственного интеллекта возникнет их дефицит. Программист-разработчик — самая востребованная IT-специальность в 2022 году, количество вакансий с навыками работы с нейросетями выросло на 62 % за полгода (с августа 2022 года по февраль 2023 года) [16]. Сегодня в России дополнительно требуется более 1 млн IT-специалистов, что составляет 1,8 % емкости рынка трудовых ресурсов. По некоторым оценкам, кадровый дефицит в этой сфере к концу 2023 г. может достичь 1,5 млн чел. и увеличиться до 2 млн чел. к 2027 г. [10]. Около 30–50 тыс. специалистов не хватает российскому рынку информационной безопасности. Это одна из самых дефицитных специальностей на кадровом рынке в информационных технологиях. Согласно опросу, 54 % российских компаний испытывают дефицит кадров на рынке информационной безопасности [16].

Поэтому уже сейчас необходимо обеспечить условия для формирования знаний и умений специалистов в данной области. Этого можно достичь путем формирования собственных кадров компании, инвестируя в их обучение, а также путем сотрудничества с ведущими вузами страны в области подготовки подобных специалистов, для чего необходимо инвестирование в развитие

данных программ обучения. В этом же направлении построена работа в рамках реализации мероприятий федеральных проектов «Кадры для цифровой экономики» и «Развитие кадрового потенциала в ИТ-отрасли» [11].

Также остаются актуальными вопросы соблюдения этики при использовании искусственного интеллекта в цифровых платформах, несмотря на разработку Кодекса этики в сфере искусственного интеллекта [8] в 2021 году. Доминирование крупнейших платформ на своих рынках, которое усилилось в период пандемии коронавируса, приводит к злоупотреблениям ими своей рыночной властью. Монополизация рынков и замещение платформами традиционных рыночных игроков за счет использования сетевых эффектов, больших данных и нестандартного ценообразования становится серьезным вызовом для регуляторных органов. Разработанный Кодекс этики носит рекомендательный характер, и присоединение к нему осуществляется на добровольной основе. Однако на конец 2022 года более 160 компаний уже присоединились к кодексу [12].

Вместе с тем, не теряют актуальности вопросы безопасности и защиты информации при использовании искусственного интеллекта цифровыми платформами. В последние годы в России вопросы информационной безопасности занимают первое место среди стратегических задач развития информационных технологий. Объем затрат конечных пользователей на решения в области информационной безопасности в России ежегодно растет, а рынок кибербезопасности, по разным оценкам, увеличился на 10–20 % в 2022 году по сравнению с 2021 годом [14, 16]. На это повлияли запреты на использование государственными органами зарубежного программного обеспечения, уход с рынка зарубежных поставщиков, а также рост количества кибератак в 2 раза

в 2022 году по сравнению с 2021 годом в связи с активным развитием цифровых технологий. Доля иностранных вендоров снизилась в объеме российского рынка информационной безопасности в 2022 году с 39,3 % до 15 % [16]. Рост количества кибератак и факт того, что почти каждая вторая атака в 2022 году приводила к потере конфиденциальных данных, свидетельствуют, что данные вопросы, несмотря на рост вложений в обеспечение кибербезопасности, остаются постоянно актуальными.

### Заключение

Таким образом, статистические данные свидетельствуют о положительных перспективах развития цифровых платформ в России. При этом одним из наиболее действенных инструментов их развития является применение искусственного интеллекта, который способен предлагать более точные и актуальные решения для пользователей, предсказывать их поведение и предпочтения, автоматизировать рутинные операции и таким образом, значительно упрощать взаимодействие людей с цифровыми сервисами и технологиями. В перспективе интеллектуальные цифровые платформы могут стать основой для создания новых моделей бизнеса, организации обучения и работы сотрудников, взаимодействия компаний со структурами власти и других форм социально-экономического взаимодействия. Однако развитие интеллектуальных цифровых платформ предполагает решение существующих проблем, которые касаются кибербезопасности, защиты частной жизни, соблюдения этических норм, преодоления конкуренции и нехватки высококвалифицированных специалистов, имеющих экспертизу в выстраивании сложной сети решений, предоставляющих бесшовный клиентский опыт.

### ЛИТЕРАТУРА

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490.
2. Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники на период до 2024 г.: Распоряжение Правительства РФ от 19 августа 2020 г. № 2129-р.
3. Антипко, А.В. Нейросеть: определение, принцип работы, область применения. Специалисты по нейросетям / А. В. Антипко // Молодой ученый. — 2023. — № 33 (480). — С. 13–14.
4. Гафаров, Ф.М. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие / Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. — 121 с.
5. Гелисханов, И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — 2018. — Том 11. — № 6. — С. 22–36.
6. Гончар, Г. Интеллектуальное будущее экосистем // Ведомости. — URL: [https://www.vedomosti.ru/imports substitution/best\\_practices/articles/2023/06/29/982982-kuda-idet-rodnoi-it](https://www.vedomosti.ru/imports substitution/best_practices/articles/2023/06/29/982982-kuda-idet-rodnoi-it) (дата обращения: 23.10.2023).
7. Коваленко, А.И. Проблематика исследований многосторонних платформ // Современная конкуренция. — 2016. — Том. 10. — №3 (57). — С. 64–90.
8. Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта // [https://www.profiz.ru/upl/2021Кодекс\\_этики\\_в\\_сфере\\_ИИ\\_финальный.pdf?ysclid=locxvtmvl652215820](https://www.profiz.ru/upl/2021Кодекс_этики_в_сфере_ИИ_финальный.pdf?ysclid=locxvtmvl652215820) (дата обращения: 23.10.2023).
9. Концепция общего регулирования деятельности групп компаний, развивающих различные цифровые сервисы на базе одной «экосистемы» // СПС Гарант. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400731439/> (дата обращения: 23.10.2023).
10. Митенков, А.В. Концепция, методология и инструменты трансформации целеполагания и мотивации персонала IT-компаний // Экономика. Информатика. — 2023. — №50(3). — С. 569–585. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-569-585.

11. Официальный сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. — URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1085/> (дата обращения: 23.10.2023).
12. Роспатент присоединился к кодексу этики в сфере искусственного интеллекта // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. — URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/news/rospatent-prisoedinilsya-k-kodeksu-etiki-v-sfere-is-22122022> (дата обращения: 23.10.2023).
13. Смирнов, Е.Н. Глобальные цифровые платформы как фактор трансформации мировых рынков // Вопросы инновационной экономики. — 2020. — Том 10. — № 1. — С. 13–24.
14. Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2023. — 120 с. — ISBN 978-5-7598-2744-3.
15. Шелепов, А.В. Оценка роли цифровых платформ и экосистем в экономическом развитии // Вестник международных организаций. — Т. 18. — № 3. doi: 10.17323/1996-7845-2023-03-08. — URL: <https://iorj.hse.ru/data/2023/10/15/2050346253/8Шелепов.pdf?ysclid=locogu9k1865141495> (дата обращения: 23.10.2023).
16. Экономика Рунета 2022/2023. Цифровая экономика России. — М.: РАЭК, 2023. — 95 с. — URL: <https://raec.ru/upload/files/runet-economy-22-23.pdf> (дата обращения: 23.10.2023).
17. Экосистемы: подходы к регулированию. Доклад для общественных консультаций, апрель 2021 // Центральный банк Российской Федерации. — URL: [https://cbr.ru/Content/Document/File/119960/Consultation\\_Paper\\_02042021.pdf](https://cbr.ru/Content/Document/File/119960/Consultation_Paper_02042021.pdf) (дата обращения: 23.10.2023).
18. Catlin, T., Lorenz J-T., Nandan J., Sharma Sh., Waschto A. Insurance beyond digital: The rise of ecosystems and platforms // McKinsey & Company. — URL: <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/insurance-beyond-digital-the-rise-of-ecosystems-and-platforms> (дата обращения: 23.10.2023).
19. Evans, P., Gawer A. The rise of the platform enterprise: A global survey. The Emerging // Platform Economy Series, 1. The Centre for Global Enterprise, New York. — 2016 — pp. 29–41.

---

© Жагловская Анна Валерьевна ([zhaglovskaya.av@gmail.com](mailto:zhaglovskaya.av@gmail.com))  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ВЕЛЬЦЕВАНИИ ЦИНКОВЫХ КЕКОВ

## BLOCK-MODULAR MODELING OF THE MECHANISM OF PHYSICO-CHEMICAL PROCESSES OCCURRING DURING THE WELDING OF ZINC CAKES

V. Zarochentsev  
A. Rutkovsky  
I. Bolotaeva

*Summary.* The article presents the results of a study of the wetting process. Based on the analysis of the wetting processes occurring in the reaction zone of the furnace, the mechanism of the process is formulated as a set of ongoing interactions and a schematic diagram of modeling this mechanism is developed. As a result of the conducted research, a mathematical and block-modular model was developed in Simulink to determine the thermodynamic temperature of the beginning of the reduction of zinc oxide with solid carbon, which made it possible to calculate the temperature conditions of the wetting process in the reaction zone of the furnace. For the selected conditions of the process, a mathematical and block-modular model was developed in Simulink, which allows calculating the stationary equilibrium state of the flows of matter, heat and chemical reactions in the reaction zone of the furnace. The solution of the developed model is obtained, which clearly demonstrates the change in the process parameters depending on the oxygen content and the flow rate of furnace gases. The developed model can be used to determine the optimal conditions for carrying out the wetting process, designing metallurgical furnaces and creating control systems based on modern information technologies.

*Keywords:* metallurgy, wetting, zinc oxide, carbon, mathematical model, chemical kinetics, thermodynamic temperature, modeling, block-modular model, equilibrium state.

**Зароченцев Владимир Михайлович**

К.т.н., доцент, доцент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет)  
vlazarm@gmail.com

**Рутковский Александр Леонидович**

Д.т.н., профессор, профессор, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет)  
rutkowski@mail.ru

**Болотаева Индира Ислановна**

К.т.н., доцент, доцент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет)  
iibolotaeva@mail.ru

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования процесса вельцевания. На основании анализа протекающих в реакционной зоне печи вельцевания сформулирован механизм процесса как совокупность протекающих взаимодействий и разработана принципиальная схема моделирования этого механизма. В результате проведенного исследования была разработана математическая и блочно-модульная модель в Simulink для определения термодинамической температуры начала восстановления оксида цинка твердым углеродом, которая позволила рассчитать температурные условия проведения процесса вельцевания в реакционной зоне печи. Для выбранных условий протекания процесса была разработана математическая и блочно-модульная модель в Simulink, которая позволяет рассчитать стационарное равновесное состояние потоков вещества, тепла и химических реакций в реакционной зоне печи. Получено решение разработанной модели, которое наглядно демонстрирует изменение показателей процесса в зависимости от содержания кислорода и скорости потока печных газов. Разработанная модель может быть использована для определения оптимальных условий проведения процесса вельцевания, проектирования металлургических печей и создания систем управления на основе современных информационных технологий.

*Ключевые слова:* металлургия, вельцевание, оксид цинка, углерод, математическая модель, химическая кинетика, термодинамическая температура, моделирование, блочно-модульная модель, равновесное состояние.

### Введение

Вельцевание широко применяется в металлургии цинка для переработки кеков выщелачивания и получения вельц-возгонов в основном состоящих из пыли оксида цинка [1], [2], [3]. Также вельцевание получило распространение в технологиях извлечения окиси цинка из пыли, шлаков и других промпродуктов цинкового производства [4],[5].

Для создания математического описания этого процесса, необходимо рассмотреть составляющие его компоненты, различающиеся по протекающим реакциям и особенностям их проведения во вращающейся трубчатой печи. Приведенные в литературных источниках исследования, посвящены изучению: методик составления материальных балансов [6]; теплофизики процесса вельцевания и вращающихся барабанных печей [7], [8], [9], [10]; физико-химических закономерностей процессов

протекания реакций горения топлива [11], восстановления окислов металлов [12], [13]. Совершенствованию процессов при вельцевании также посвящены многочисленные исследования по различным направлениям: утилизации тепла и повышения КПД тепловой работы печи [14], [15]; моделирования и оптимизации параметров процесса [16], [17], [18], [19]; применение новых технологий [20], [21], [22].

В современных условиях широкого применения компьютерных технологий, требуется систематизация результатов научных исследований и методов математического описания для создания компьютерных информационно-управляющих систем использующих технологии искусственного интеллекта и нейронных сетей [23], [24], и опирающихся на передовые методы математического описания металлургических процессов [25], [26], [27], [28].

Но разносторонние исследования, приведенные выше, в настоящее время невозможно объединить в единую систему в силу несовместимости между собой приведенных систем уравнений, массивов данных, методов обработки информации. Современное развитие вычислительной техники, средств управления, проектирования, управления и оптимизации процессов требует совмещения имеющихся данных с разработкой математического описания и программного обеспечения.

Для этого необходимо выделить совокупность основных физико-химических закономерностей, определяющих значимые показатели процесса вельцевания. Назовем эту совокупность физико-химическим механизмом процесса вельцевания.

В свою очередь, закономерности, образующие данный механизм, описывают физические и химические взаимодействия, протекающие в печи: горение топлива и восстановление окиси цинка, радиационный и конвективный теплообмен внутри печи, теплопередача через стенки печи в окружающую среду, тепломассоперенос с печными газами и шихтой движущимися внутри печи в режиме противотока.

Сформулируем систему ограничений, допущений и условий, необходимую для разработки математической модели:

- по типу протекающих процессов в трубчатой вращающейся печи выбираем модель идеального вытеснения с непрерывным стационарным режимом работы;
- печь разделим на зоны по длине, достаточно малые для того, чтобы их можно было рассматривать как ячейки идеального смешения;
- основными химическими реакциями, от которых зависят скорость и другие показатели процесса

- вельцевания, являются: горение коксика с образованием монооксида и диоксида углерода, восстановление оксида цинка с последующим испарением жидкого цинка, окисление паров цинка в печном газе с образованием пыли окиси цинка;
- теплопередача внутри зоны печи осуществляется в результате радиационного и конвективного обмена;
- теплообмен с окружающей средой осуществляется теплопередачей через футеровку внутренних стенок печи и конвективным теплообменом вокруг внешней стенки печи;
- шихта внутри зоны печи идеально перемешивается в результате пересыпания, вызванного вращением печи;
- химический состав и реакции в печных газах в зоне печи одинаковы по всему объему зоны не занятом сыпучим материалом;
- система уравнений математической модели должна обеспечивать соблюдение балансов материальных и тепловых потоков, а также иметь возможность решения аналитически или численными методами с получением значений адекватным описываемым процессам.

Принципиальная схема разработки модели вельцевания в реакционной зоне печи приведена на рисунке 1. Приведем ниже краткое описание основных блоков этой схемы.

На основании литературных источников механизм процесса представленный на рисунке 1 включает в себя: закономерности описания материальных балансов потоков веществ в газах и шихте, которые движутся в печи в режиме противотока; уравнения материального баланса химических реакций восстановления оксиде цинка; испарения и окисления цинка; горения топлива с выделением тепла и образованием восстановительной атмосферы в слое шихты; Закономерностей теплообмена внутри печи и теплопередачи через футеровку в окружающую среду.

Из полученного математического описания необходимо выделить систему  $n$  ведущих математических уравнений, которые не поддаются аналитическому решению и содержат  $n$  неизвестных ключевых параметров, определение численных значений которых, будет являться решением данной системы уравнений.

Решение такой модели возможно осуществить численными методами с получением заданной необходимой точности решения. При этом все остальные неизвестные параметры определяются из аналитических соотношений при подстановке полученного решения. Для решения модели составляется блочно-модульная схема, в данной работе с помощью среды Simulink с ис-

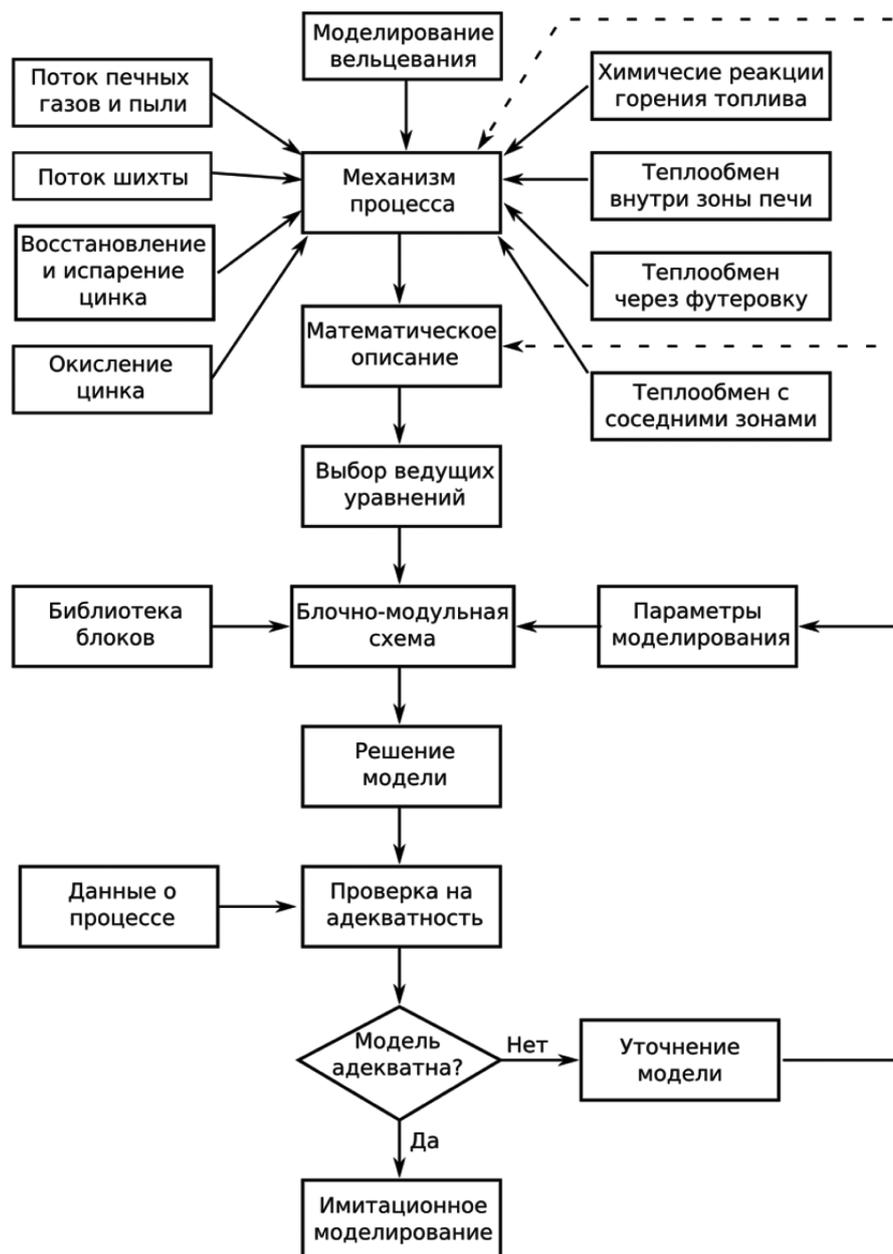


Рис. 1. Принципиальная схема моделирования механизма процесса вельцевания

пользование встроенных библиотек блоков и имеющих данные о входных параметрах процесса и коэффициентах математических уравнений. Модулями в этой схеме являются подсистемы из блоков Simulink вычисляющие основные уравнения математической модели

Проверка на адекватность модели осуществляется по имеющимся производственным, экспериментальным или литературным данным о процессе. Если по результатам проверки, модель можно считать адекватной, то она может быть использована для решения дальнейших задач имитационного моделирования, управления, проектирования и оптимизации процесса. Если адекватность модели недостаточна, то проводится уточнение модели

с помощью корректировки входных и внутренних параметров, или проводится изменение математического описания и механизма процесса.

#### Моделирование механизма процесса

Для моделирования выберем область печи, в которой протекает реакция восстановления оксида цинка длиной  $d$ . Разработка математической модели основывается на уравнениях материального и теплового баланса в выбранной  $i$ -й зоне печи в стационарных условиях. На рисунке 2 показана схема движения сыпучего материала шихты и печных газов в зонах печи вельцевания. Шихта и газы движутся в режиме противотока. Шихта

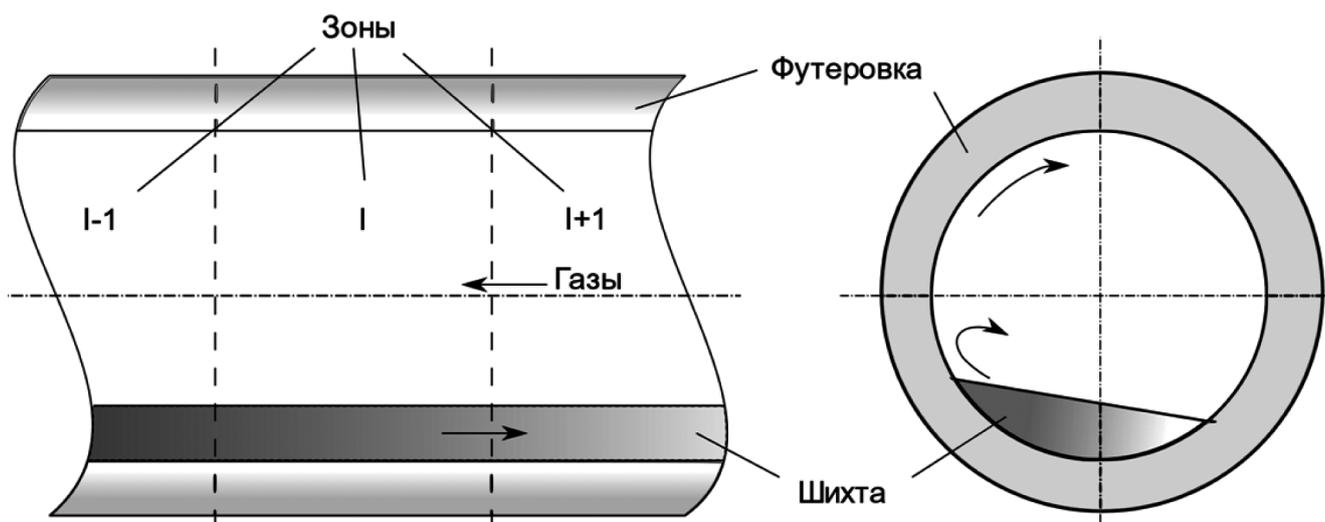


Рис. 2. Схема движения шихты и печных газов в зонах печи вальцевания

перемешивается в результате вращения, и движется в направлении наклона трубчатой печи. Теплообмен с окружающей средой осуществляется через футеровку. Состав газов и шихты изменяется в результате процессов протекающих на реакционной поверхности шихты. Теплопередача внутри печи между газом, шихтой и футеровкой осуществляется в результате радиационного и конвективного обмена.

Для создания модели были выбраны следующие основные химические реакции протекающие при вальцевании:

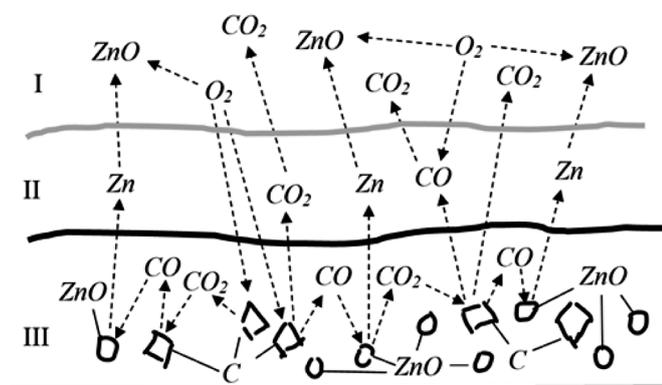
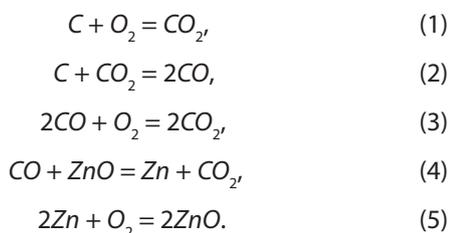


Рис. 3. Схема химических взаимодействий в печи вальцевания.

I — Пылегазовый поток, зона окисления; II — защитный слой газов с низким содержанием кислорода; III — шихта, зона восстановления и испарения цинка

Наибольшее тепловыделение происходит в результате горения коксика по реакции (1) и дожига монооксида углерода (3). Восстановленный по реакции (4) цинк, испаряется и затем окисляется по реакции (5) с образованием цинковой пыли уносимой с печными газами. Примерная схема химических взаимодействий показана на рис. 3.

Термодинамическая температура начала прямого восстановления оксида металла твердым углеродом по реакциям (1)–(4) при заданном внешнем давлении газовой фазы определяется парциальными образующихся газов:

$$P_{\text{реакц}} \approx P_{CO} + P_{CO_2} \geq P_{\text{внешн}} \quad (6)$$

где:  $P_{CO}$  и  $P_{CO_2}$  — давление;  $P_{\text{внешн}}$  — давление окружающей среды.

Константы равновесий для реакций (20) и (22) вычисляются по следующим формулам как отношения парциальных давлений газов:

$$K_B = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}, \quad (7)$$

$$K_B = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}. \quad (8)$$

Выразим зависимость констант равновесия от температуры через энтальпию и энтропию реакции:

$$K_B(T) = \exp\left(-\frac{\Delta G_B}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{\Delta H_B^0 - T\Delta S_B^0}{RT}\right), \quad (9)$$

$$K_B(T) = \exp\left(-\frac{\Delta G_B}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{\Delta H_B^0 - T\Delta S_B^0}{RT}\right), \quad (10)$$

где:  $R = 8,314$  Дж/(моль · К) — универсальная газовая постоянная;  $\Delta H_X^0$  — энтальпия реакции  $X = \{B, Б\}$ ; и  $\Delta S_X^0$  — энтропия реакции  $X = \{B, Б\}$ .

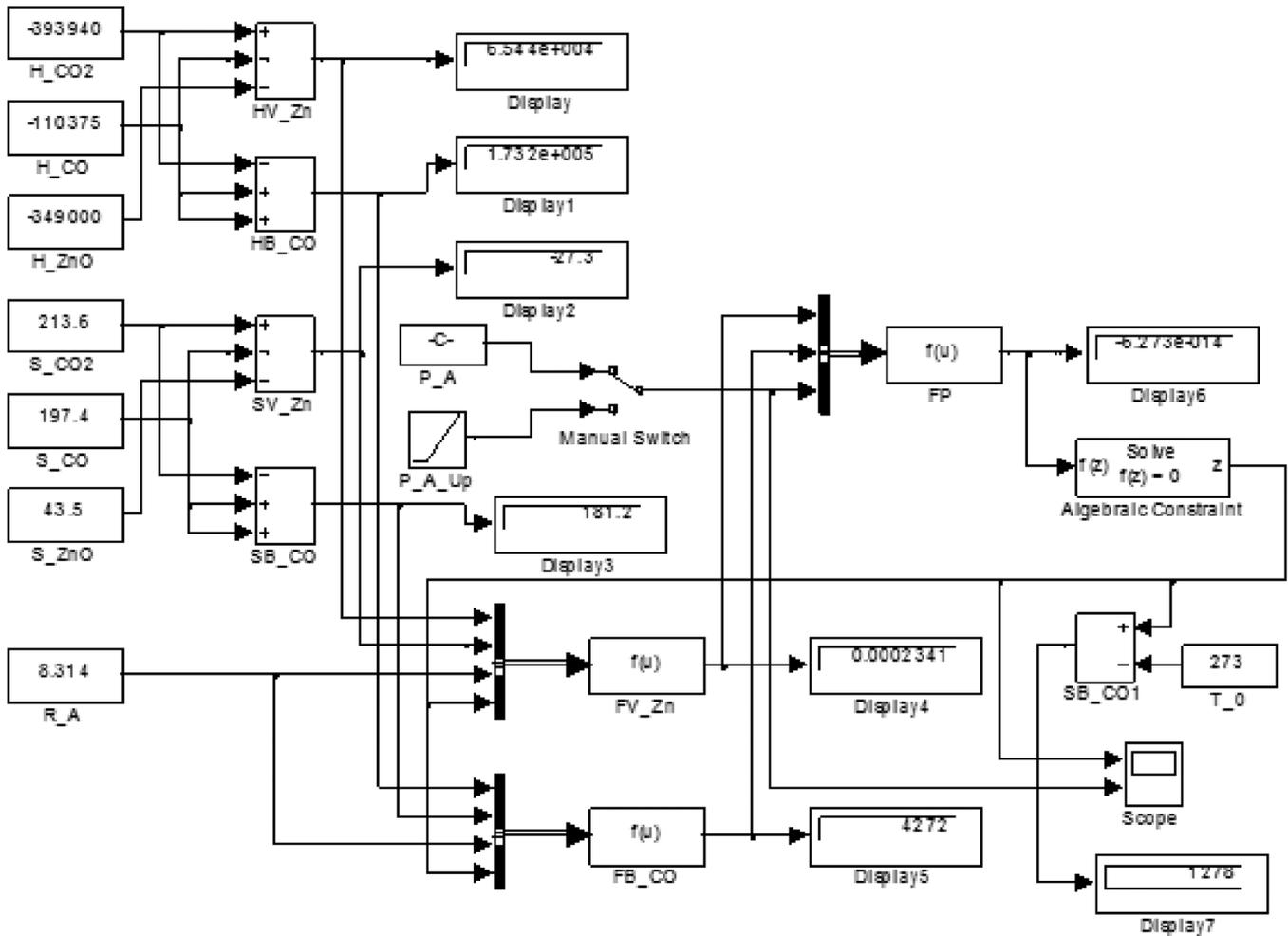


Рис. 4. Блочнo-модульная схема вычисления термодинамической температуры начала восстановления оксида металла твердым углеродом по уравнению (11). В блоке

Подставив в (6) уравнения (7)–(10) получим выражение для определения температуры начала восстановления оксида металла твердым углеродом:

$$K_B(T)K_B(T) + K_B(T)K_B(T)^2 - P = 0 \quad (11)$$

Блочнo-модульная схема решения данного уравнения в Simulink приведена на рисунке 4.

На блочно-модульной схеме (рис. 4) в левой части задаются в блоках констант термодинамические параметры для расчета уравнений (9) и (10). В блоке P\_A задается постоянное значение атмосферного давления, а в блоке P\_A\_Up задается линейное возрастание давления окружающей среды. С помощью блока Manual Switch моделирование процесса может быть переключено в режим постоянного давления или его линейного изменения. В блоках FV\_Zn и FB\_CO рассчитываются уравнения (9) и (10).

Расчет уравнения (11) осуществляется в блоке FP, если полученное значение не равно нулю, то выполняет-

ся итерационный поиск численного значения температуры восстановления в блоке Algebraic Constraint до тех пор пока уравнение (11) не станет верным. Полученные значения температуры передаются в блок Scope для вывода на графике зависимости температуры от давления, приведенном на рис. 5. Для контроля рассчитанное значение температуры отображается в блоке Display7.

При давлении окружающей среды 1 атм, эта температура составляет 1278 °С. В условиях проведения вельцевания она может отличаться в связи с изменением химического состава и шихты и других факторов, поэтому для моделирования процесса был выбран интервал температур 1150–1450 0С.

Определение термодинамической температуры восстановления оксида цинка позволяет выбрать режим работы вельц-печи в зоне протекания восстановительных реакций и разработать модель процессов тепломассопереноса сопровождающегося химическими реакциями. Эта математическая модель основывается на механизме процесса, описанном выше, включающем уравнения

материального и теплового баланса в выбранной зоне печи.

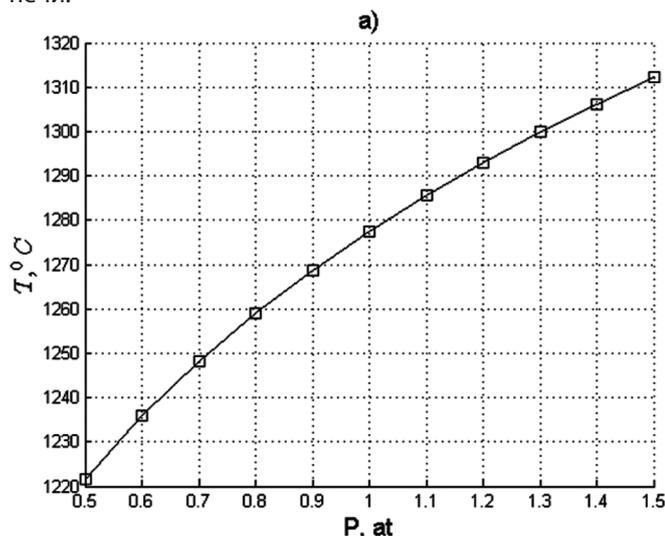


Рис. 5. График изменения термодинамической температуры начала восстановления оксида цинка твердым углеродом рассчитанный по уравнению (11)

Материальный баланс потока шихты описывается уравнением:

$$g_h^i = g_h^{i-1} - g_{hf}^i, \quad (12)$$

где:  $g_h^i$  — поток шихты в  $i$ -й зоне, кг/с;  $g_h^{i-1}$  — поток шихты на входе в  $i$ -ю зону, кг/с;  $g_{hf}^i$  — поток вещества из шихты в газы  $i$ -й зоны, кг/с.

Материальный баланс потока газов в  $i$ -й зоне описывается уравнением

$$g_f^i = g_f^{i+1} + g_{hf}^i, \quad (13)$$

где:  $g_f^i$  — поток газов в  $i$ -й зоне, кг/с;  $g_f^{i+1}$  — поток газов на входе в  $i$ -ю зону, кг/с.

Поток шихты или газов в свою очередь состоит из потоков составляющих веществ:

$$g_x^i = \sum_{j=1}^n F_{xj}^i M_j, \quad (14)$$

где:  $x$  — индекс потока шихты  $h$  или газа  $f$ ;  $F_{xj}^i$  — поток  $j$ -го вещества, моль/с;  $M_j$  — молекулярная масса  $j$ -го вещества, кг/моль;  $n$  — количество веществ в шихте и газах.

Для создания модели приняты следующие условия проведения процесса: в состав шихты входит неизменяемый твердый остаток, окись цинка и углерод в виде коксика; печные газы состоят из азота, кислорода и диоксида углерода; восстановленный цинк быстро испаряется и затем окисляется в печных газах, с которыми уносится

в виде пыли окиси цинка; монооксид углерода в печных газах практически полностью окисляется до диоксида углерода.

На основании приведенных условий, поток веществ из шихты в газы определяется химическими реакциями горения коксика (1) и восстановлением окиси цинка (4). Исходя из закономерностей химической кинетики гетерогенных реакций составим математическое описание этих потоков:

$$g_{hf}^{ZnO} = K_{ZnO}(T_f^i) P_{hco}^i \gamma_{ZnO}^i S_{hf}^i, \quad (15)$$

где:  $K_{ZnO}(T_f^i)$  — константа скорости реакции восстановления  $ZnO$ ;  $T_f^i$  — температура газов окружающих шихту, К;  $P_{hco}^i$  — парциальное давление  $CO$  в слое шихты;  $\gamma_{ZnO}^i$  — содержание  $ZnO$  в шихте;  $S_{hf}^i$  — средняя реакционная поверхность шихты.

Зависимость константы скорости реакции восстановления от температуры обычно выражается уравнением Аррениуса:

$$K_{ZnO}(T_f^i) = k_{ZnO} \exp\left(-\frac{E_{ZnO}}{R_a T_f^i}\right), \quad (16)$$

где:  $k_{ZnO}$  — эмпирический предэкспоненциальный множитель;  $E_{ZnO}$  — эмпирический коэффициент соответствующий энергии активации;  $R_a$  — универсальная газовая постоянная.

Скорость горения коксика в  $i$ -й зоне выразим следующим уравнением:

$$g_{hfC}^i = K_C(T_h^i, w_f^i) P_{fO_2}^i \gamma_C^i S_{hf}^i, \quad (17)$$

где:  $K_C(T_h^i, w_f^i)$  — константа скорости реакции горения углерода;  $w_f^i$  — скорость движения печных газов над шихтой, м/с;  $P_{fO_2}^i$  — парциальное давление  $O_2$  в газах;  $\gamma_C^i$  — содержание углерода в шихте;  $T_h^i$  — температура шихты.

Константа скорости горения коксика зависит от температуры реакции, и от скорости движения газов над шихтой потому что увеличение этой скорости уменьшает толщину защитного слоя (рис. 2) и облегчает диффузию кислорода к углероду шихты, т.е. имеет место внешне диффузионный контроль процесса. Поэтому при расчете константы скорости необходимо учитывать скорость движения газов над поверхностью шихты, если она может изменяться для достижения необходимых показателей процесса. На основании приведенных рассуждений при моделировании было использовано следующее выражение константы скорости реакции горения коксика:

$$K_C(T_h^i, w_f^i) = k_C \exp\left(-\frac{E_C}{R_a T_h^i}\right) w_f^i, \quad (18)$$

где:  $k_C$  и  $E_C$  — эмпирические коэффициенты.

Составим необходимые уравнения материального баланса для выбранной зоны печи по основным компонентам шихты и газов. Материальный баланс потока цинка в шихте определяется реакцией восстановления с последующим испарением, что выражается следующим уравнением:

$$g_{hZn}^{i-1} - g_{hZn}^i - g_{hfZnO}^i = 0, \quad (19)$$

где:  $g_{hZn}^{i-1}$  — поток цинка входящий в  $i$ -ю зону, кг/с;  $g_{hZn}^i$  — поток цинка уходящий из  $i$ -й зоны, кг/с.

Материальный баланс потока кислорода в газах:

$$F_{O_2}^{i+1} - F_{O_2}^i - g_{hfO_2}^i = 0, \quad (20)$$

где:  $F_{O_2}^{i+1}$  — поток кислорода, поступающий из  $i+1$  зоны, моль/с;  $F_{O_2}^i$  — поток кислорода, выходящий из  $i$ -й зоны, моль/с;  $g_{hfO_2}^i$  — поток кислорода расходуемый на окисление топлива, моль/с.

Материальный баланс потока топлива в шихте:

$$g_{hC}^{i-1} - g_{hC}^i - g_{hfC}^i = 0, \quad (21)$$

где:  $g_{hC}^{i-1}$  — количество углерода поступающего в  $i$ -ю зону, кг/с;  $g_{hC}^i$  — количество углерода уходящего с шихтой из  $i$ -й зоны, кг/с.

Материальный баланс потока нейтрального газа проходящего через  $i$ -ю зону:

$$F_{fN}^{i+1} - F_{fN}^i = 0, \text{ моль/с} \quad (22)$$

Материальный баланс потока нереагирующего компонента в шихте проходящего через  $i$ -ю зону:

$$g_{hZ}^{i-1} - g_{hZ}^i = 0, \text{ кг/с} \quad (23)$$

В результате анализа механизма протекания процессов печи вельцевания, была составлена система из четырех нелинейных уравнений, которая позволяет вычислить ключевые температуры в выбранной зоне печи, а также определить все другие показатели процесса. Полученные уравнения приведены ниже.

Уравнение баланса тепловых потоков пылегазовой смеси в  $i$ -й зоне печи:

$$q_f^{i+1}(T_f^{i+1}) + q_p^{i+1}(T_f^{i+1}) - q_f^i(T_f^i) - q_p^i(T_f^i) + q_{hfC}^i(T_h^i, w_f^i, P_{fO_2}^i, \gamma_C^i) - q_{fr}^i(T_f^i, T_h^i, T_{Sin}^i) - q_{fa}^i(T_f^i, T_h^i, T_{Sin}^i) + q_{pZnO}^i(T_f^i) = 0, \quad (24)$$

где:  $q_f^{i+1}(T_f^{i+1})$ ,  $q_p^{i+1}(T_f^{i+1})$  — потоки тепла вносимые газом "f" и пылью "p" из  $i+1$ -й зоны печи;  $q_f^i(T_f^i)$ ,  $q_p^i(T_f^i)$  — поток тепла, уносимый газами и пылью;  $q_{hfC}^i(T_h^i, w_f^i, P_{fO_2}^i, \gamma_C^i)$  — поток тепла, поступающий в результате горения углерода коксика;  $q_{fr}^i(T_f^i, T_h^i, T_{Sin}^i)$  — поток тепла радиационного теплообмена между газопылевым потоком, шихтой и внутренней стенкой печи;  $q_{fa}^i(T_f^i, T_h^i, T_{Sin}^i)$  — поток тепла конвективного теплообмена между пылегазовым потоком, шихтой и внутренней стенкой печи;  $q_{pZnO}^i(T_f^i)$  — поток тепла в результате окисления паров цинка в газовом потоке;  $T_{Sin}^i$  — температура внутренней стенки печи.

Уравнение баланса тепловых потоков шихты в  $i$ -й зоне печи:

$$q_h^{i-1}(T_h^{i-1}) - q_h^i(T_h^i) - q_{hZn}^i(T_h^i, P_{hCO}^i, \gamma_{ZnO}^i) + q_{hr}^i(T_f^i, T_h^i) + q_{hf}^i(T_f^i, T_h^i) = 0, \quad (25)$$

где:  $q_h^{i-1}(T_h^{i-1})$  — тепловой поток вносимый шихтой из  $i+1$ -й зоны;  $q_h^i(T_h^i)$  — тепловой поток уносимый шихтой;  $q_{hZn}^i(T_h^i, P_{hCO}^i, \gamma_{ZnO}^i)$  — тепловой поток поступающий на восстановление и испарение цинка;  $q_{hr}^i(T_f^i, T_h^i)$  — поток радиационного теплообмена между шихтой и пылегазовым потоком;  $q_{hf}^i(T_f^i, T_h^i)$  — поток конвективного теплообмена между шихтой и газовым потоком.

Уравнение баланса теплопередачи через футеровку печи и потоком тепла в окружающую среду:

$$q_{ft}^i(T_{Sin}^i, T_{Sout}^i) - q_{sout}^i(T_{Sout}^i, T_A) = 0, \quad (26)$$

где:  $q_{ft}^i(T_{Sin}^i, T_{Sout}^i)$  — поток теплопередачи через футеровку печи;  $q_{sout}^i(T_{Sout}^i, T_A)$  — поток теплообмена через внешнюю стенку печи в окружающую среду;  $T_{Sout}^i$  — температура внешней стенки печи;  $T_A$  — температура окружающего воздуха.

Уравнение баланса потоков тепла через внутреннюю и внешнюю стенку печи:

$$q_{Sinr}^i(T_f^i, T_{Sin}^i) + q_{Sinf}^i(T_f^i, T_{Sin}^i) - q_{Sout}^i(T_{Sout}^i, T_A) = 0, \quad (27)$$

где:  $q_{Sinr}^i(T_f^i, T_{Sin}^i)$  — поток радиационного теплообмена между печными газами и внутренней стенкой печи;  $q_{Sinf}^i(T_f^i, T_{Sin}^i)$  — поток конвективного теплообмена между печными газами и внутренней стенкой печи.

Таким образом была получена математическая модель, представляющая собой систему нелинейных уравнений описывающая процесс вельцевания в  $i$ -й зоне печи в стационарных условиях. В нее входят семь ведущих уравнений: три уравнения материального ба-

ланса (19), (20), (21) — описывающие потоки основных реагентов; и четыре уравнения теплового баланса (24), (25), (26), (27) — описывающие свободный теплообмен между потоками шихты, газа, футеровкой и окружающей средой. Для ее решения необходимо найти значения неизвестных ключевых параметров:  $\gamma_{ZnO}^i$ ,  $\gamma_C^i$ ,  $P_{fO_2}^i$ ,  $T_h^i$ ,  $T_f^i$ ,  $T_{S_{in}}^i$ ,  $T_{S_{out}}^i$ . Остальные неизвестные параметры рассчитываются с помощью простых арифметических соотношений.

### Описание блочно-модульной модели

Совместное решение системы уравнений материального (19–21) и теплового (24–27) баланса возможно только численными методами. Поэтому была разработана блочная модель в системе Matlab Simulink с использованием блоков для итерационных вычислений. Созданная модель зоны печи вельцевания позволяет вычислять показатели процесса и исследовать механизм его протекания в широком диапазоне изменения входных параметров, а также выбирать наилучшие условия его проведения и выполнять необходимые расчеты при проектировании передела вельцевания.

Для моделирования были выбраны параметры процесса, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры модели процесса вельцевания

| №  | Название параметра                          | Значение | Ед. измерения |
|----|---|----------|---------------|
| 1  | Длина одной зоны печи                       | 2        | м             |
| 2  | Длина печи                                  | 40       | м             |
| 3  | Внутренний диаметр печи                     | 3        | м             |
| 4  | Толщина футеровки печи                      | 0,6      | м             |
| 5  | Скорость потока шихты                       | 15       | кг/с          |
| 6  | Содержание цинка в шихте                    | 14       | %             |
| 7  | Содержание коксика в шихте                  | 30       | %             |
| 8  | Скорость потока печных газов                | 70–100   | кг/с          |
| 9  | Содержание кислорода в печных газах         | 5–15     | %             |
| 10 | Температура окружающей среды                | 25       | °C            |
| 11 | Доля внутреннего объема зоны занятая шихтой | 15       | %             |

Совместное решение уравнений материального и теплового баланса осуществляется с помощью блоков Algebraic Constraint, которые осуществляют итерационный поиск неизвестных значений параметров:  $\gamma_{ZnO}^i$ ,  $\gamma_C^i$ ,  $P_{fO_2}^i$ ,  $T_h^i$ ,  $T_f^i$ ,  $T_{S_{in}}^i$ ,  $T_{S_{out}}^i$ . Для контроля найденные значения выводятся в блоках Display в правой части схемы.

Решение представляет собой область равновесия между потоками вещества и энергии в стационарном режиме. Любое отклонение от равновесного состояния

приведет к возникновению переходного процесса, который вернет показатели процесса к рассчитанным значениям при условии, что внешние параметры остаются неизменными.

На схеме, приведенной на рисунке 6, находятся следующие модули:

- Modul\_Dat — осуществляет передачу данных результатов моделирования, в переменные рабочей области для построения графиков и дальнейшей обработки;
- Modul\_Sqr — рассчитывает уравнения конвекционного теплообмена и теплопередачу через поверхности стенок зоны печи;
- Modul\_Gaz — рассчитывает уравнения теплообмена в газах проходящих через зону печи;
- Modul\_Sht — рассчитывает уравнения теплообмена в шихте;
- Modul\_Rds — рассчитывает уравнения радиационного теплообмена в зоне печи;
- QB\_S\_out, QB\_S\_ft\_out, QB\_g\_i QB\_h\_i — рассчитывают уравнения теплового баланса (24–27);
- MB\_O2\_i, MB\_h\_i, MB\_Zn\_i — рассчитывают уравнения материального баланса (19–21).

Пример решения модели показан на рис. 7. На графиках показаны изменения температуры процесса в зависимости от содержания кислорода в печном газе и скорости потока печных газов через выбранную зону печи.

Выбор значений коэффициентов модели и технологических ограничений проведения процесса позволяет провести настройку созданной модели до необходимого уровня адекватности.

### Выводы

1. На основании анализа протекающих в реакционной зоне печи вельцевания сформулирован механизм процесса как совокупность протекающих взаимодействий и разработана принципиальная схема моделирования этого механизма.
2. В результате проведенного исследования была разработана математическая и блочно-модульная модель в Simulink для определения термодинамической температуры начала восстановления оксида цинка твердым углеродом, которая позволила рассчитать температурные условия проведения процесса вельцевания в реакционной зоне печи.
3. Для выбранных условий протекания процесса была разработана математическая и блочно-модульная модель в Simulink, которая позволяет рассчитать стационарное равновесное состояние потоков вещества, тепла и химических реакций в реакционной зоне печи.
4. Получено решение разработанной модели, которое наглядно демонстрирует изменение показателя

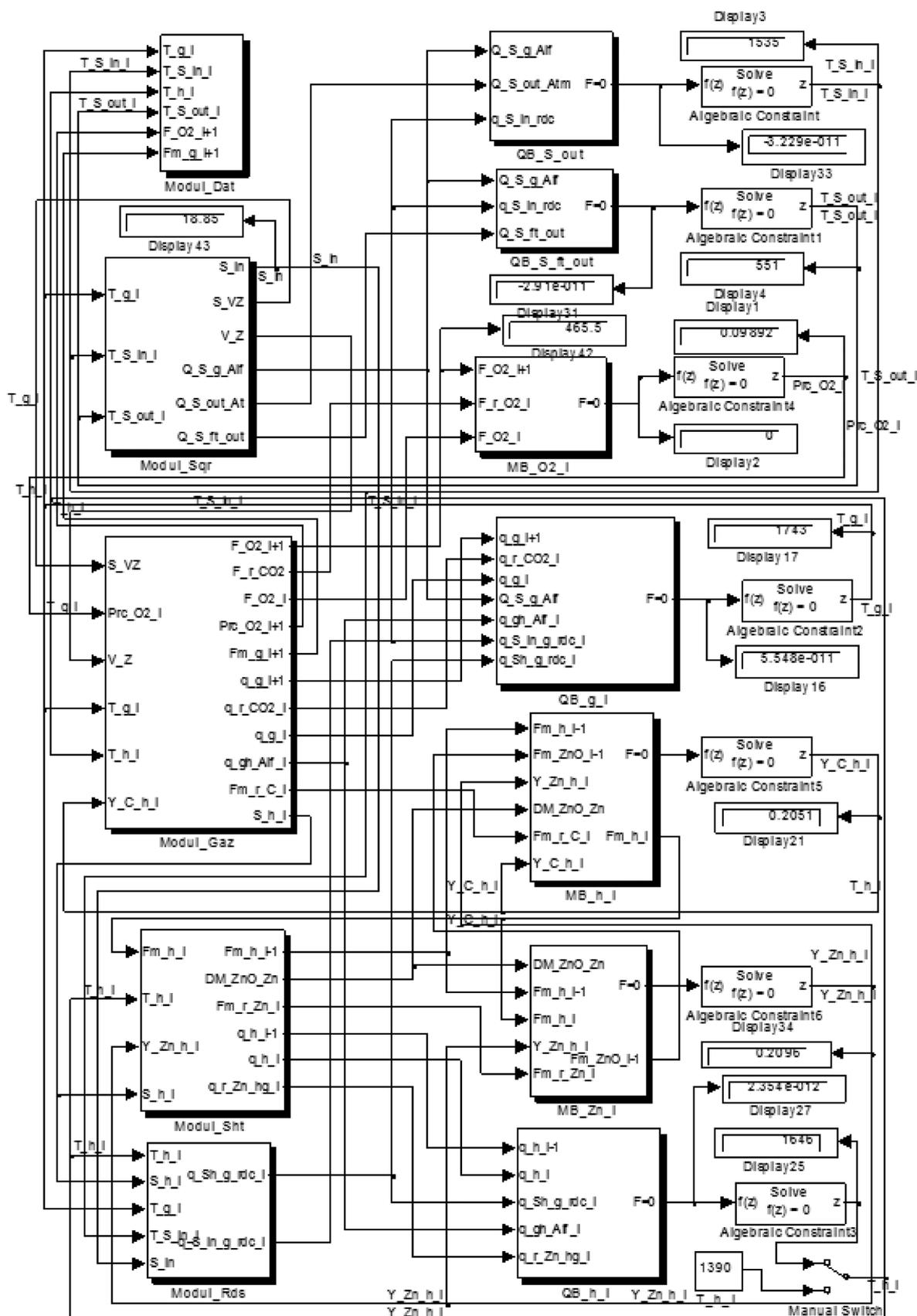


Рис. 6. Блочнo-модульная схема в Simulink, описывающая механизм процессов протекающих при вельцевании цинковых кеков в реакционной зоне печи

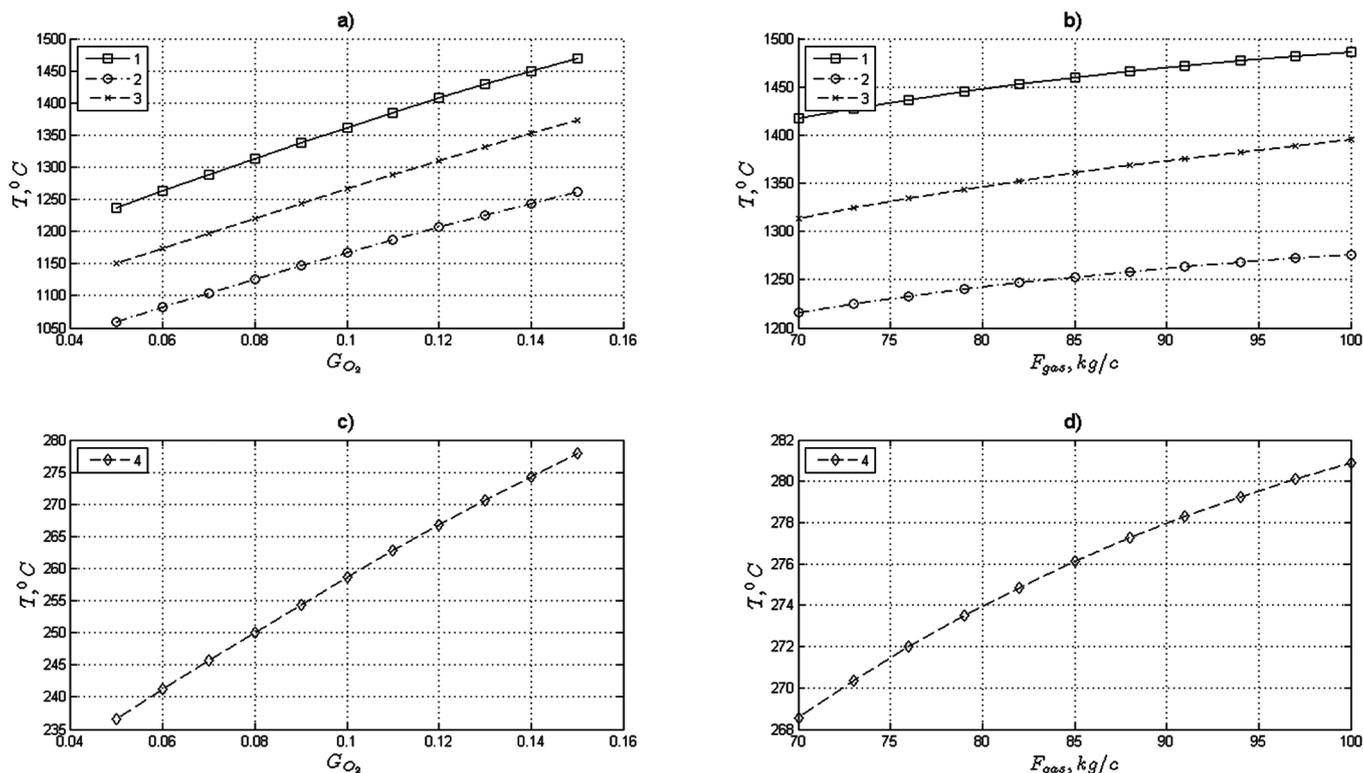


Рис. 7. Графики изменения температуры печных газов 1, температуры внутренней стенки печи 2, температуры шихты 3, и температуры внешней поверхности печи 4. В зависимости от содержания кислорода в печных газах (а, с) и скорости потока печных газов в  $i$ -й зоне печи вельцевания, рассчитанные по уравнениям модели процесса

телей процесса в зависимости от содержания кислорода и скорости потока печных газов.

5. Разработанная модель может быть использована для определения оптимальных условий проведе-

ния процесса вельцевания, проектирования металлургических печей и создания систем управления на основе современных информационных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев, В.Я. и Маргулис, Е.В. *Металлургия свинца и цинка*. Москва, «Металлургия», 1985. стр. 263.
2. Козлов, Павел Александрович. *Вельц-процесс*. Москва, «Руда и металлы», 2002. стр. 176.
3. Козлов, Павел Александрович, и др. Способ вельцевания окисленных цинксодеждащих материалов. RU 2516191 С1 Россия, 20.05.2014 г.
4. Козлов, Павел Александрович, и др. Шихта для вельцевания цинксодеждащих материалов. RU 2509815 С1 Россия, 20.03.2014 г.
5. Физико-химические основы комплексной технологии переработки техногенного сырья в металлургии цинка. Козлов, Павел Александрович. [ред.] Под общей редакцией А.Б. Юрьева. Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет (Новокузнецк), 2021. *Металлургия: Технологии, Инновации, Качество. Труды XXII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Т. 1*, стр. 57–66.
6. Применение метода опорных компонентов для расчета материальных балансов производства цинка. Рутковский, Александр Леонидович, и др. 4, 2006 г., *Вестник Владикавказского научного центра*, Т. 6, стр. 59–63.
7. Теплофизические особенности процесса вельцевания шлаковых компонентов во вращающейся печи. Часть 2. Паньшин, А.М., и др. 1(865), 2015 г., *Цветные металлы*, стр. 23–26.
8. Теплофизические особенности процесса вельцевания шлаковых компонентов во вращающейся печи. Часть 1. Паньшин, А.М., и др. 11(863), 2014 г., *Цветные металлы*, стр. 22–26.
9. Исследование тепловой работы вельц-печи. Плешкова, А.В., Воронов, Г.В. Екатеринбург, Издательство: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), 2018. *Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве. Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2018) с международным участием*. стр. 259–264.
10. Новая методика расчёта угловых коэффициентов зон теплообмена вращающихся печей. Салихов, З. Г., и др. 9, 1999 г., *Цветные металлы*, стр. 116–119.
11. Совершенствование процесса вельцевания шлаковых компонентов на основе закономерностей горения твердого топлива. Матюхин, В. И., и др. 10, 2016 г., *Металлург*, стр. 26–32.
12. Твердофазное восстановление оксидов железа углеродом. Крутилин, А.Н., Кухарчук, М.Н. и Сычева, О.А. 2(65), 2012 г., *Литье и металлургия*, стр. 11–16.
13. Исследование процессов переработки пыли газоочистки сталеплавильных производств. Римошевский, С.Л., Прокопчук, Д.А., Голуб, Д. М. 1, 2021 г. *Литье и металлургия*, стр. 106–113.

14. Разработка технологии утилизации тепла готового продукта на печи вельцевания. Авдеев, А.П., Матюхин, В.И. Екатеринбург, Издательство: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), 2017. Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве. Сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2017) с международным участием. стр. 7–9.
15. Использование рекуператора типа «труба в трубе» для возврата отходящих газов в вельц-печь барабанного типа. Рутковский, Александр Леонидович, Макоева, Алла Константиновна и Коробкин, Роман Сергеевич. 1(115), 2021 г., Наука и бизнес: пути развития, стр. 30–33.
16. Математическое моделирование динамики процессов вельц-печи. Казаринов, Л.С., Вернергольд, А.Р., Колесникова, О.В. Челябинск, Издательство: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск), 2015. НАУКА ЮУРГУ. Материалы 67-й научной конференции. стр. 656–660.
17. Разработка и освоение современных методов оптимизации технологических процессов извлечения ценных продуктов из отходов металлургического производства. Касимов, А.М., и др. 3–4(52–53), 2017 г., Экология и промышленность, стр. 95–102.
18. Термодинамическое моделирование восстановления цинка из медеплавильного шлака. Тюшняков, Станислав Николаевич и Селиванов, Евгений Николаевич. 9, Екатеринбург, б.н., 2015 г., Бутлеровские сообщения, Т. 43, стр. 108–115.
19. Термодинамическое моделирование совместного восстановления металлов из смеси оксидов с образованием карбида кальция и силицидов железа. Шевко, В. М., и др. 3 (294), 2015 г., Комплексное использование минерального сырья, стр. 38–42.
20. К вопросу переработки цинковых кеков. Ахтамов, Ф.Э., Нишонов, Б.У. 1(18), 2016 г., Теория и технология металлургического производства, стр. 69–72.
21. Термодинамический анализ разложения феррита цинка в пыли электродуговой плавки стали известью. Якорнов, С.А., и др. 5, 2017 г., Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия., стр. 28–33.
22. Разработка технологии и аппаратурной схемы пирометаллургической переработки пылей черной металлургии. Якорнов, С.А., и др. 9, 2017 г., Цветные металлы, стр. 39–44.
23. Компьютерная система распознавания вида отклонения доменной плавки от нормального режима. Спиринов, Н.А., и др. Екатеринбург, УрФУ, 2015. Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности : сборник докладов международной научно-практической конференции «Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности. Стр. 175–181.
24. Спиринов, Н.А., и др. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУТП. [ред.] Н.А. Спиринов. Екатеринбург, ООО «УИПЦ», 2014. стр. 558.
25. Структура современной интеллектуальной системы управления технологическим процессом в металлургии. Спиринов, Н.А., и др. Екатеринбург, Уральского университета, 2012. Инновации в материаловедении и металлургии : материалы I междунар. интерактив. науч.-практ. конф. [13–19 дек. 2011 г., г. Екатеринбург]. Ч. 1. Т. Ч. 1, стр. 64–66.
26. Швыдкий, В.С., и др. Элементы теории систем и численное моделирование процессов тепломассопереноса. Москва, «Интермет инжиниринг», 1999. стр. 520.
27. Рыжонков, Д.И., Серов, Г.В., Падерин, С.Д. Термодинамика, кинетика и расчеты металлургических процессов. Москва, НИТУ МИСиС, 2010. стр. 235.
28. Романтеев, Юрий Павлович, Быстров, Валентин Петрович Металлургия тяжелых цветных металлов. Свинец. Цинк. Кадмий. Москва, «Изд. дом МИСиС», 2010. стр. 574.

---

© Зароченцев Владимир Михайлович (vlazarm@gmail.com); Рутковский Александр Леонидович (rutkowski@mail.ru);  
Болотаева Индира Исламовна (iibolotaeva@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МНОГОФАКТОРНАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ В ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСАХ

## MULTI-FACTOR AUTHENTICATION IN CLOUD SERVICES

**A. Kozlov**

*Summary.* The article describes the principles of multi-factor authentication and the use of multi-factor authentication in cloud and payment services, discusses practical methods for implementing two-factor authentication.

Multi-factor authentication allows you to reduce information security risks by using several independent factors distributed across various channels.

The article offers a software solution for the implementation of two-factor authentication, in which one-time passwords are used as the second factor.

*Keywords:* multi-factor authentication, cloud services, PCI DSS, HTTP, HTTP.

**Козлов Александр Владимирович**

Кандидат технических наук, доцент,  
РТУ МИРЭА (Российский технологический  
университет МИРЭА), г. Москва  
Email: kozlov.card@gmail.com

*Аннотация.* В статье описаны принципы многофакторной аутентификации и применение многофакторной аутентификации в облачных и платежных сервисах, рассмотрены практические методы реализации двухфакторной аутентификации.

Многофакторная аутентификация позволяет снижать риски информационной безопасности за счет применения нескольких независимых факторов, распределенных по различным каналам.

В статье предложено программное решение для реализации двухфакторной аутентификации, в которой в качестве второго фактора используются одноразовые пароли.

*Ключевые слова:* многофакторная аутентификация, облачные сервисы, PCI DSS, TOTP, HOTP.

### Введение

Всестороннее технологическое развитие, вывод всё большего количества процессов в «цифровой мир» — одна из отличительных особенностей двадцать первого века.

Однако, избавляя мир от ряда трудностей, неудобств или проблем, цифровизация также приносит и свои, совершенно новые — требующие новых подходов и решений. Облачные сервисы, к примеру, открыли множество возможностей для нарушения безопасности ресурсов пользователей — посредством несанкционированного доступа, хищения или уничтожения их злоумышленниками. Платежные сервисы же ставят под риск один из наиболее критичных типов данных — финансовую информацию клиентов, утрата или разглашение которой всегда приводит к серьезным последствиям для обеих сторон.

Управление доступом к информации — один из наиболее показательных и важных процессов обеспечения безопасности информации. По статистике, порядка семидесяти пяти процентов инцидентов безопасности случаются из-за неправильного управления доступами в скомпрометированной в результате этого системе.

Исследование и анализ проблематики управления доступом позволяет составить минимальный набор требований и рекомендаций к ней, а также разработать «краеугольный камень» всех современных сервисов — веб-приложение многофакторной аутентификации.

### Особенности управления доступом в облачной инфраструктуре

Контроль и управление доступом — это часть безопасности, с которой пользователи сталкиваются в первую очередь и больше всего — когда входят в систему на своих компьютерах и мобильных устройствах, делятся файлами или пытаются получить доступ к приложению.

Традиционный подход к управлению доступом основан на ограничении доступа к корпоративной сети, а затем дополнении его другими элементами управления, по мере необходимости. Такая модель ограничивает все ресурсы, подключаемые к корпоративной сети, что делает её слишком ограничительной для полноценного удовлетворения потребностей динамичного предприятия.

Иной подход заключается в том, что организации должны придерживаться «нулевого доверия» в плане контроля и управления доступом, особенно в случаях, когда они практикуют удаленную работу и облачные технологии для цифрового преобразования, и развития своей бизнес-модели, модели взаимодействия с клиентами, модели вовлечения сотрудников и модели расширения прав и полномочий.

Принципы «нулевого доверия» помогают устанавливать и постоянно совершенствовать безопасность информации, сохраняя при этом гибкость, позволяющую идти в ногу с современным миром.

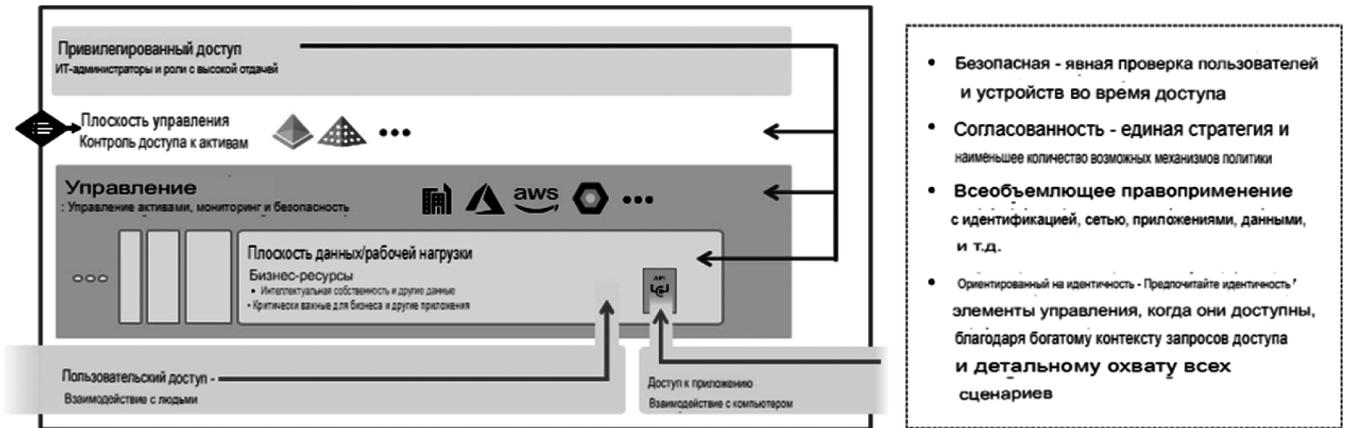


Рис. 1. Схема современной модели доступа

Диаграмма, приведенная выше, демонстрирует все элементы, которые организации должна учитывать при разработке системы управления доступом для нескольких рабочих структур, облаков, различных уровней бизнес-процессов и доступов как людей, так и устройств.

Одним из полезных аспектов организации контроля доступа с «нулевым доверием» является то, что он переходит от статического двухэтапного процесса аутентификации и авторизации к динамическому трехэтапному процессу, также называемому «известный, доверенный, разрешенный»:

- Известный: аутентификация, которая гарантирует, что вы тот, за кого себя выдаете. Этот процесс аналогичен физическому процессу проверки документа, удостоверяющего личность.
- Доверенный: проверка того, что пользователь или устройство достаточно надежны для доступа к ресурсу. Этот процесс аналогичен системе без-

опасности в аэропорту, которая проверяет всех пассажиров на предмет угроз безопасности, прежде чем разрешить им войти в аэропорт.

- Разрешенный: предоставление определенных прав и привилегий для приложения, службы или данных. Этот процесс аналогичен, к примеру, процессу авиакомпании, которая управляет тем, куда направляются пассажиры, в каком салоне они сидят (первый класс, бизнес-класс или эконом).

На диаграмме (см. рис. 2) демонстрируется механизм политики и точки принудительного применения политики — для возможности реализации подхода «известный, доверенный и разрешенный».

**Управление доступом для платежных сервисов**

Финансовые услуги и банковская отрасль являются одними из наиболее ценных целей кибератак. Большин-

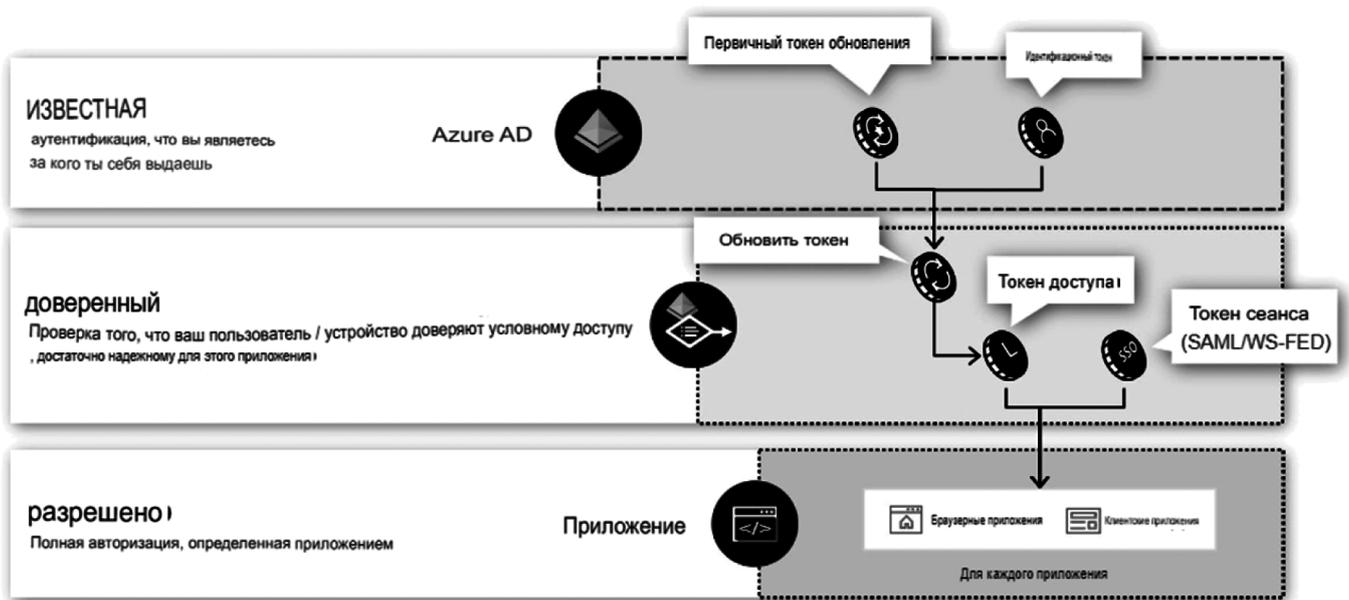


Рис. 2. Ключевые технологии контроля доступа

ство атак на индустрию финансовых услуг использовали фишинг в качестве начальной стартовой площадки. Злоумышленники уже давно признали, что аутентификацию относительно легко взломать, гораздо проще, чем искать и использовать код или недостатки безопасности.

Основным средством обеспечения более надежной аутентификации для организаций, предоставляющих финансовые услуги, является внедрение многофакторной аутентификации [7].

Многофакторная аутентификация — это система безопасности, требующая нескольких учетных данных для аутентификации пользователя. Вместо простого имени пользователя и пароля для MFA требуются дополнительные данные, такие как токен, сгенерированный на пользовательском устройстве, ответ на секретный вопрос, отпечаток пальца или распознавание лица.

PCI DSS [1,2] требует имплементации многофакторной аутентификации для удаленного доступа к среде данных держателей карт.

Процесс аутентификации MFA включает два или более из методов аутентификации, указанных в требованиях PCI DSS 8.2. Факторы аутентификации, определенные для MFA, следующие:

- Фактор знания (что-то, что вы знаете). Этот метод включает проверку предоставленной пользователем информации, такой как пароль, PIN-код или секретный ответ на вопрос.
- Фактор владения (то, что у вас есть). Этот метод включает проверку определенного элемента, принадлежащего человеку — токен безопасности, одноразовый пароль, ключ, карта доступа или SIM-карта для телефона. Для мобильной аутентификации элемент владения обычно предоставляется смартфоном в сочетании с программным обеспечением OTP или устройством, содержащим криптографический контент.
- Фактор поведения (что-то, чем вы являетесь). Этот метод включает проверку специфических для человека функций, таких как сканирование сетчатки, сканирование радужной оболочки, сканирование отпечатков пальцев, сканирование вен пальцев, распознавание лиц, распознавание голоса и геометрия вен.

Методы аутентификации, используемые для MFA, должны быть такими, чтобы компрометация одного фактора не позволяла получить доступ к другому. Кроме того, использование любого метода должно быть независимо друг от друга, чтобы не влиять на целостность или конфиденциальность других факторов.

Внеполосная аутентификация относится к процессам аутентификации, в которых методы аутентификации

распределены по различным сетям или каналам. Другими словами, факторы, передаваемые по отдельным защищенным каналам, определяются как «внеполосная аутентификация».

В случаях, когда факторы аутентификации передаются по одному каналу, злоумышленник, получивший контроль над устройством, будет иметь возможность обойти все факторы аутентификации.

Термины многофакторная аутентификация и многоступенчатая аутентификация часто путают или используют как взаимозаменяемые. Однако эти два метода аутентификации имеют разные функции, и понимание различия между ними также очень важно для безопасности доступа.

Многофакторная аутентификация относится к использованию нескольких форм аутентификации. Для аутентификации следует использовать как минимум два различных фактора. В случае, если злоумышленники украдут ваш пароль, они также должны пройти совершенно другой метод аутентификации, чтобы получить доступ.

Существует несколько этапов многоступенчатой аутентификации. Однако шаги используют одну и ту же форму аутентификации. Использование только двух шагов вместо разных факторов при аутентификации называется двухэтапной аутентификацией.

Такие сценарии, как использование двух разных паролей для аутентификации на устройстве или использование двух форм биометрической аутентификации, таких как сканирование сетчатки глаза и снятие отпечатков пальцев в системе, являются примерами многоступенчатой аутентификации.

Многофакторная аутентификация более безопасна, чем многоступенчатая аутентификация. Чтобы получить доступ к любому из ваших устройств, злоумышленникам необходимо получить доступ к вашей личной информации, владеть физическим элементом или выдавать себя за ваши биометрические данные.

Аутентификация через один канал снижает эффективность многофакторной аутентификации.

PCI DSS [8,9] рекомендует использовать внеполосную аутентификацию для повышения уровня обеспечения MFA.

#### Приложения многофакторной аутентификации

Одноразовый пароль на основе времени — распространенный способ реализации двухфакторной аутен-

тификации в приложениях [6]. Он работает, запрашивая у пользователя токен, обычно отправляемый в виде SMS, электронной почты или сгенерированного секретного пропуска на устройство пользователя со сроком действия. Он сравнивает предоставленный токен с фактически сгенерированным токеном, а затем проверяет их подлинность, если токены совпадают.

Приложения-аутентификаторы используют программный метод аутентификации, который реализует 2FA с использованием TOTP [3,5] и одноразового пароля на основе HMAC (HOTP) для аутентификации пользователей приложения. Это часть открытой аутентификации (OATH).

TOTP [4,5] — это алгоритм, основанный на HOTP, который генерирует одноразовый пароль из общего секретного ключа K и текущей временной метки T с использованием хэш-функции H.

Общий секретный ключ K представляет собой строку Base32, сгенерированную случайным образом или производную, известную только клиенту и серверу, отличающуюся и уникальную для каждого токена.

Большой размер временного шага означает большее окно действия для OTP, которое будет принято системой проверки. Большой размер временного шага открывает большее окно для атаки. В целом, большее окно временного шага означает более длительное время ожидания для пользователя, чтобы получить следующий действительный OTP после последней успешной проверки OTP.

Алгоритм требует хэш-функции H для генерации дайджеста и усечения его для получения пароля из D цифр.

Значение, отображаемое на токене, должно быть легко прочитано и введено пользователем: для этого требуется, чтобы значение было разумной длины. Значение должно состоять по крайней мере из 6 цифр. Также желательно, чтобы значение было «только числовым», чтобы его можно было легко вводить на устройствах с ограниченным доступом, таких как телефоны.

Рекомендуемые настройки, направленные на обеспечение наилучшего компромисса между безопасностью и удобством использования, следующие [10]:

- X (временной шаг): 30 секунд
- D (длина пароля): 6 цифр
- H (хэш-функция): SHA-1
- |K| (длина секретного ключа): 160 бит

В результате каждый пароль представляет собой 6-значное число, полученное из 20-байтового дайджеста SHA-1 и действительное в течение 30-секундного временного шага, за который он был сгенерирован.

$$\text{TOTP}(K, C) = \text{Truncate}(\text{HMAC-SHA-1}(K, C))$$

Когда сервер проверки получает OTP от клиента, он самостоятельно вычисляет OTP, используя общий секретный ключ K и его текущую временную метку (не временную метку, используемую клиентом), и сравнивает OTP: если они сгенерированы в течение одного и того же временного шага, они совпадают, и проверка завершается успешно.

### Практическая реализация МФА

Для реализации и демонстрации многофакторной аутентификации с использованием вышеупомянутых методов используются следующие программные решения:

- Язык программирования Python версии 3.6;
- Программная среда для работы с Python — PyCharm;
- Текстовый редактор для работы с HTML кодом — Блокнот;
- Базовые знания о работе Flask-приложений.

Двухфакторная аутентификация обычно используется в веб-приложениях в качестве дополнительного уровня безопасности при доступе пользователей к серверу. Используя Python реализовано приложение Flask, защищённое с помощью двухфакторной аутентификации.

Для начала устанавливаем веб-фреймворк Flask, Flask-Bootstrap и библиотеку прототипов, которые используются для сборки сервера и реализации двухфакторной аутентификации.

В приведенном ниже коде реализован сервер Flask, который отображает текст «Peter Babansky KTSO-0317!» при открытии индексной страницы.

```

1  # Импорт необходимых библиотек
2  import pyotp
3  from flask import *
4  from flask_bootstrap import Bootstrap
5  # настройка приложения flask
6  app = Flask(__name__)
7  app.config["SECRET_KEY"] = "APP_SECRET_KEY"
8  Bootstrap(app)
    
```

Рис. 3. Программный код Flask-сервера

```

15 # маршрут страницы логина
16 @app.route("/login/")
17 def login():
18     return render_template("login.html")
    
```

Рис. 4. Однофакторная аутентификация в Flask

```

20 # маршрут формы для логина
21 @app.route("/login/", methods=["POST"])
22 def login_form():
23     # данные для демонстрации
24     creds = {"username": "...", "password": "..."}
25
26     # форма для ввода данных
27     username = request.form.get("username")
28     password = request.form.get("password")
29
30     # аутентификация введенных данных
31     if username == creds["username"] and password == creds["password"]:
32         # перенаправление пользователя на страницу МФА, если данные верны
33         flash("Подтвердите, что это действительно Вы", "warning")
34         return redirect(url_for("login_2fa"))
35     else:
36         # уведомление пользователя, если данные неверны
37         flash("Учетные данные неверны", "danger")
38         return redirect(url_for("login"))

```

Рис. 5. Маршрут страницы логина

В представленном ниже коде реализована возможность аутентификации пользователей с использованием имени пользователя и пароля. Создан файл страницы с именем login.html, а также написан маршрут для обработки запросов, отправленных на страницу входа в систему, и проверки их подлинности.

Для генерации OTP с помощью PyOTP, необходимо создать экземпляр класса TOTP библиотеки PyOTP и вызвать метод now.

PyOTP также предоставляет вспомогательную библиотеку для генерации секретных ключей для инициализации классов TOTP и HOTP:

Далее приведен код для предоставления пользователю страницы для настройки TOTP 2FA. Обновлен маршрут входа в систему в app.py файл для перенаправления пользователей на страницу 2FA после успешной аутентификации. Создан маршрут login\_2fa, который отвечает за обработку TOTP 2FA, а также файл с именем login\_2fa.html.

```

48 # маршрут страницы МФА
49 @app.route("/login/mfa/")
50 def login_2fa():
51     # генерация случайного секретного ключа для аутентификации
52     secret = pyotp.random_base32()
53     return render_template("login_2fa.html", secret=secret)

```

Рис. 6. настройка 2 FA

Таким образом, в статье были проанализированы основные подходы к многофакторной аутентификации и приведены примеры ее практической реализации.

#### Перечень сокращений и обозначений

PCI DSS (Payment Card Industry Data Security Standard) — Стандарт безопасности индустрии платежных карт

MFA (Multi-factor authentication) — Многофакторная аутентификация

2FA (Two-factor authentication) — двухфакторная аутентификация

SFA (Single-factor authentication) — однофакторная аутентификация

CDE (Cartholder Data Environment) — среда данных держателей карт

OTP (One-time password) — одноразовый пароль

TOTP (Time-Based One-time Password) — Одноразовый пароль на основе времени

HOTP (HMAC-Based One-time Password) — Одноразовый пароль на основе HMAC

HMAC (Hash-Based message authentication code) — код проверки подлинности сообщений, использующий хеш-функции

PIN-code (Personal Identification Number) — персональный идентификационный номер

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарт PCI DSS 3.2.1 — 2018 [электронный ресурс]. — URL: [https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI\\_DSS\\_v3-2-1.pdf?agreement=true&time=1652366138174](https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI_DSS_v3-2-1.pdf?agreement=true&time=1652366138174).
2. Стандарт PCI DSS 4.0 — 2022 [электронный ресурс]. — URL: [https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI-DSS-v4\\_0.pdf?agreement=true&time=1652366165196](https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI-DSS-v4_0.pdf?agreement=true&time=1652366165196).
3. D. M'Raihi. HOTP: An HMAC-Based One-Time Password Algorithm, 2005, 35 с [электронный ресурс]. — URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4226>
4. D. M'Raihi. TOTP: Time-Based One-Time Password Algorithm, 2011, 14 с [электронный ресурс]. — URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6238>.
5. Nicola Moretto. Two-factor authentication with TOTP — 2018 [электронный ресурс]. — URL: <https://medium.com/@nicola88/two-factor-authentication-with-totp-ccc5f828b6df>.
6. Барышева, А.И. Анализ методов аутентификации при использовании банковских карт / А.И. Барышева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 18 (204). — С. 45–50. — URL: <https://moluch.ru/archive/204/49958/>.
7. Вадим Ференц. Банкинг начинается с аутентификации — 2017 [электронный ресурс]. — URL: <https://bosfera.ru/bo/banking-nachinaetsya-s-autentifikacii>.
8. Surkay Baykara. What's new in PCI DSS 4.0? — 2022 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.pcidssguide.com/whats-new-in-pci-dss-v4-0/>.
9. CorVvin. TOTP (Time-based one-time Password algorithm) — 2020 [электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/post/534064/>.
10. Very Academy. Flask Tutorial — Build Your First App with Flask and PyCharm — 2021 [электронный ресурс]. — URL: [https://www.youtube.com/watch?v=hEJZpA1bhoU&ab\\_channel=VeryAcademy](https://www.youtube.com/watch?v=hEJZpA1bhoU&ab_channel=VeryAcademy).

---

© Козлов Александр Владимирович (kozlov.card@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ КАЧЕСТВО ВОДЫ

## SURFACE WATER MONITORING SYSTEM AND THE MAIN INDICATORS CHARACTERIZING WATER QUALITY

V. Koltsov  
O. Kondratieva

*Summary.* The purpose of the study of this work is to develop approaches to monitoring the use of water resources in the regional economy based on international standards. The introduction of such monitoring will make it possible to use water statistics indicators to develop a comprehensive system of indicators of the level of socio-economic development of the country's regions in terms of including their natural resources, including water resources, in the economic turnover.

The developed system of ecological and economic monitoring, in the case of strict compliance with international standards for its implementation, becomes suitable not only for measuring the degree of rationality of involving water resources in economic turnover, but also for calculating the efficiency of using other varieties from the whole set of local natural resources.

One of the main directions of rational and economical use of water resources is to ensure not only oneself, but also future generations, as well as compliance of water resources with high quality standards in the future. In order to achieve maximum social and economic well-being of people, it is necessary to develop water resources, as well as all areas that are associated with them, without damaging the ecosystem.

*Keywords:* surface water monitoring, water quality characteristics, monitoring system, water quality indicators, surface waters.

**Кольцов Владимир Борисович**

д.хим.н., профессор,  
ФГОУ ВО «Национальный исследовательский университет «НИИ МИЭТ», г. Зеленоград.  
koltsov\_v\_b@mail.ru

**Кондратьева Ольга Владимировна**

к.т.н., доцент,  
ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва.  
olgakoltsowa@mail.ru

*Аннотация.* Целью исследования данной работы является разработка подходов к мониторингу использования водных ресурсов в региональной экономике на основе международных стандартов. Введение такого мониторинга создаст возможность применения показателей статистики водных ресурсов для разработки комплексной системы показателей уровня социально-экономического развития регионов страны с точки зрения включения к экономической оборот их природных, в том числе водных ресурсов. Разработанная система эколого-экономического мониторинга в случае четкого следования международным стандартам его осуществления, становится пригодной не только для измерения степени рациональности вовлечения в экономический оборот водных ресурсов, но и для расчета эффективности использования других разновидностей из всей совокупности местных природных ресурсов. Одним из основных направлений рационального бережливого использования водных ресурсов является обеспечение не только себя, но и будущих поколений, а также соответствие водных ресурсов высоким стандартам качества и в будущем. Чтобы достичь максимального социального, а также экономического благополучия людей, необходимо осваивать водные ресурсы, а также все сферы, которые с ними связаны, без нанесения ущерба экосистеме.

*Ключевые слова:* мониторинг поверхностных вод, характеристика качества воды, система мониторинга, показатели качества воды, поверхностные воды.

### Введение

**В**ода — это химическое вещество без вкуса и запаха, которое состоит из атома водорода и атома кислорода, имеющая химическую формулу  $H_2O$ . Природа обладает значительным перечнем составляющих, которые могут оказывать влияние на вкус, цвет, запах и другие характеристики воды (например, на кислотность или проводимость, или т.п.). Вода на государственном уровне включает в себя и все эти включения, которые содержатся в воде (соли, загрязнения и т.п.). Вода необходима для существования и жизнедеятельности, а также для производственного процесса, санитарных и гигиенических целей, реализации всего вышеперечисленно-

го. Также необходимо отметить такое важное свойство воды, что она является хорошим растворителем, в связи с чем ее широко используют с целью переноса, растворения, а также удаления химических веществ, отходов и пр. примесей.

Она имеет высокую удельную теплоемкость — способность быстро поглощать и отдавать тепловую энергию, что делает ее высоко пригодной к применению в качестве средства охлаждения. Кроме того, это влияет на то, чтобы более эффективно перемещать (транспортировать) энергетические запасы (например, в форме пара). Вода может находиться в различных агрегатных состояниях, и она также обладает таким важным свойством, как поверхностное натяжение в высокой степени,

что дает воде возможность участвовать в процессе кровообращения как человека, так и живых существ. Также вода обладает и другими физическими, а также химическими качествами [1, с. 9].

Хотя перечисленные отрасли имеют наибольшее значение для подавляющего большинства регионов, для отдельных территориальных образований может быть интересна определенная категория статистики водных ресурсов, например:

- рыболовство, аквакультура;
- водный транспорт;
- услуги по размещению;
- услуги общественного питания;
- спортивная и деятельность по организации досуга и отдыха [2, с. 141].

Для оптимального учета круговорота водных ресурсов, нужно получать (в приоритете) следующие физические данные (их сбор осуществляется по определенным категориям):

- запасы внутренних вод и отдельные данные по подземным, поверхностным, а также грунтовыми водам;
- движение водных запасов, в т.ч. отдельные данные по объему осадков, оттоку воды на другие территории, а также (если имеется такой вариант) — в моря и океаны, данные по притоку вод с других территорий, данные по естественному водному обмену, а также эвакотранспирация (внутренних вод);
- экономическое движение водных ресурсов, что включает в себя сбор вод, которые выпали в качестве осадков, забор водных ресурсов из морей и океанов, собственное использование вод, которые были собраны, а также использование таких вод распределительными системами, забор вод из внутренних ресурсов;
- оборот водных ресурсов в экономической системе, что включает в себя воду, которая получена от экономических единиц и воду, что была отдана экономическим единицам;
- поток водных ресурсов из экономической системы в окружающую среду;
- потери водных ресурсов (канализация, системы распределения водных ресурсов);
- перенос водой загрязняющих веществ (в том числе отдельно передача перенесенных водой загрязнений — веществ другим экономическим единицам (J), выброс перенесенных водой загрязняющих веществ в окружающую среду (K)) [3, 4].

#### Материалы и методы

В процессе получения данных от учреждений, суммируется отрасль водоснабжения и ее показатели (под-

раздел 36), а также отрасль, которая занимается канализацией и стоком, сливной системой и системой сброса (подразделение 37), т.к. в рамках экономики отрасли водоснабжения выделяется, непосредственно, вода и сточные воды.

Важной стороной деятельности, связанной с введением международных стандартов учета использования водных ресурсов на региональном уровне, является определение рекомендованного перечня учреждений, заинтересованных в сборе необходимой информации, и несущих ответственность за его осуществление.

Основными источниками составных частей, используемых в рамках Международных рекомендаций по статистике водных ресурсов (МРСВР), являются:

- данные исследований, что собираются непосредственно в исследуемых экономических единицах или путем переписи, или выборочного репрезентативного исследования (домохозяйств и учреждений);
- административные данные, что получают в процессе составления реестров экономических единиц (домашних хозяйств)

От государственных учреждений или негосударственных организаций (отраслевые ассоциации);

- гидрологические/метеорологические данные, что охватывают гидрологический цикл, собираются учреждениями, обеспечивают проведение горнорудных и геологических исследований с использованием станций полевого мониторинга, дистанционного зондирования, моделирования;
- данные научных исследований, которые получают университеты, научно-исследовательские учреждения или негосударственные организации [5, с. 40-46].

Для того, чтобы осуществить исследования водных ресурсов на региональном уровне, необходимо применить два существующих подхода:

1. включать дополнительную информацию, которая относится к отрасли водоснабжения, в исследования, которые касаются учреждений и домашних хозяйств, фермерства, сельского хозяйства;
2. включать данные статистики, которые отражают состояние водных ресурсов по всем возможным параметрам [6, с. 16–19].

При этом детальное описание методики обследования домашних хозяйств приводится в Принципах и рекомендациях относительно переписи населения и жилищного строительства фонда, а также в Руководстве по третьему кластерному обследованию по многим показателям (МИКС-3) (MICS3). Подробное описание исследования промышленности (горнорудной-подразде-

ления 05–09, обрабатывающей — подразделения 10–33 и т.д. [3, с. 20–29].

Гидрологические и метеорологические данные по гидрологическому циклу собираются по стандартам Всемирной метеорологической организации, которые подразделяются на непосредственно измеряемые, а также расчетные(выведенные).

Сбором данных для проведения научных исследований занимаются различного рода и уровня институты, а также лаборатории и учреждения, которые занимаются непосредственно исследовательской и научной деятельностью. Данные институты и учреждения могут быть как негосударственными, так и государственными.

Детализированная информация о методах сбора гидрологических и метеорологических данных относительно поверхностных вод и осадков содержится в WMO. Infohydro, а относительно подземных вод — в Guidance on the Role, Operations and Management of National Meteorological and Hydrometeorological Services. Научные исследования гидрологических проблем с краткосрочными временными рядами, ограничиваемыми конкретными условиями, могут распространяться на показатели и особенности проведения расчетов более крупными регионами и районами. Расчеты в данном случае выполняются при помощи преобразования полученных из более мелких регионов или районов данных в коэффициенты и расчет взаимосвязи и взаимозависимости между полученными данными [7].

Для сбора данных статистики водных ресурсов может быть применен специальный инструментарий, что строится на основе ряда источников данных: гидрологических, реестров предприятий, переписей, членских списков региональных и областных ассоциаций, административной отчетности. Специальной проблемой, требующей обязательного решения, является соблюдение требований по статистике региональных водных ресурсов:

- условия, в которых такие качества, как наличие методов, ресурсного обеспечения, систематизация, непременно важны для обеспечения эффективности сбора информации, которая касается статистических показателей водных ресурсов, а также для ее дальнейшего распространения. Здесь также необходимо упомянуть и институциональные, а также организационные условия, т.к. они также напрямую влияют на те показатели статистики, которые получает заинтересованный в них орган или орган, что уполномочен собирать такие данные;
- доступность — степень легкости, с которой показатели могут быть получены у поставщиков данных и насколько они могут быть понятны пользователям;

- точность — степень правильности отображения того или иного элемента данных, близость их к реальности;
- согласование — взаимное согласование данных, перекрестная проверка их актуальности и согласованность, возможность использовать статистическую информацию совместно с другой информацией;
- надежность — степень доверия, которую испытывает пользователь к составителю данных;
- интерпретируемость — адекватность понимания данных пользователями, определяемая средствами донесения информации;
- актуальность — степень удовлетворения потребностей реальных и потенциальных пользователей;
- своевременность — количество времени, прошедшего с момента завершения текущего периода, к которому относятся данные, до момента их опубликования [7].

Мониторинг водных ресурсов включает следующие подсистемы (рис. 1):



Рис. 1. Подсистемы мониторинга водных объектов

Для внедрения полноценного мониторинга водных ресурсов на региональном уровне необходимо понимание взаимосвязи между статистическими единицами и элементами физических данных. Постигнутые взаимосвязи и построенная по описанным стандартам региональная статистика обеспечат возможность рассчитать принципиально важные для функционирования территориальной социально-экономической системы функциональные показатели и установить формальные зависимости между элементами данных и внутренними водными ресурсами.

## Результаты и обсуждение

Наиболее важной задачей проведения системы мониторинга поверхностных вод и основных показателей,

характеризующих качество воды, является возможность оценивания качества воды, а также наблюдения за ней и, соответственно, определения возможных перспектив изменения качественных характеристик поверхностных вод. Мониторинг является системой, т.е. он проводится поэтапно и имеет определенную структуру. Система мониторинга поверхностных вод не предусматривает никаких мер по управлению качественными показателями, т.е. она имеет целью только лишь сбор информации и ее анализ. Меры управленческого характера остаются в юрисдикции государства и системы управления экологией, а также окружающей средой [8].

Система мониторинга поверхностных вод представляет собой, в первую очередь, проведение наблюдений. Т.е. мониторинг поверхностных вод — это наблюдение загрязнения поверхностных вод. Для проведения мониторинга должны быть организованы:

1. сеть стационарных пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод и основными показателями, характеризующими качество воды;
2. сеть научно-исследовательских пунктов для наблюдения за качеством поверхностных вод и основными показателями, характеризующими качество воды;
3. передвижная, временная или экспедиционная сеть пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод и основными показателями, характеризующими качество воды, которые организуются в тех местах, где нет стационарных и научно-исследовательских пунктов или которые ими не охвачены по каким-либо причинам [9].

Мониторинговые сети создают, соблюдая определенный перечень требований. Среди них:

- создание значимого преимущества для сбора данных и контролирования негативного воздействия на поверхностные воды;
- систематичность данного процесса сбора данных и контролирующих мероприятий, их комплексность;
- возможность уделить особое внимание поверхностным водам в определенные гидрологические периоды, согласование сроков проведения наблюдений с ними;
- единая система методов мониторинга качества поверхностных вод, понятность их показателей для разных сфер деятельности;
- максимально оперативное обновление информации о показателях состояния поверхностных вод [10].

В основе организации мониторинга качества поверхностных вод лежит комплексность. Т.е. это система, основанная на работе множества людей, подразделений и организаций, согласованность их действий. Сюда

входят подразделения, занимающиеся работами по гидрохимии, и подразделения, что занимаются гидробиологией, и подразделения, что занимаются гидрологией. Показатели, необходимые для оценки качества поверхностных вод, могут быть гидробиологическими, химическими, физическими и др. [11].

Наиболее важным этапом, который позволяет оптимизировать работу по мониторингу поверхностных вод и сбору основных показателей, характеризующих качество воды, является выбор мест базирования постоянных пунктов наблюдения за поверхностными водами. В систему пунктов входят и временные пункты наблюдения, которые следует размещать в тех местах, где ведется хозяйственная деятельность.

Пункты наблюдений подразделяют на несколько категорий. Среди них:

1. пункты наблюдений за качеством поверхностных вод первой категории. Они размещаются поблизости водоемов, водостоков, что важны для осуществления хозяйственной деятельности. Данные пункты следят за тем, чтобы определенные показатели качества поверхностных вод не были превышены;
2. пункты наблюдений за качеством поверхностных вод второй категории. Их размещают рядом с водными объектами, которые расположены в районах промышленных городов, поселков, где есть система центрального водоснабжения, а также в тех местах, где отдыхают люди и где осуществляется сброс дренажных и коллекторских вод, на конечных и предельных створах рек;
3. пункты наблюдений за качеством поверхностных вод третьей категории. Их размещают непосредственно на самих водных объектах, которые характеризуются слабой нагрузкой [12].

Единая система мониторинга формируются из следующих уровней: средств оперативного автоматического контроля за загрязнениями водных объектов; передвижных и стационарных гидрохимических лабораторий, центров обработки полученных данных с автоматизированных станций, передвижных и стационарных лабораторий.

Принципиальная балансовая схема регионального мониторинга физических показателей водных ресурсов позволяет формализовать и измерить потоки в натуральное измерение с их распределением между институциональными единицами — отдельными отраслями, домашними хозяйствами, «остальным миром».

The System of Environmental — Economic Accounting for Water позволяет рассчитать целый ряд показателей, указывающих на возможности повышения эффективности

использования водных ресурсов, а также на возможности их адекватного использования с экологической точки зрения.

Организация регионального мониторинга водных ресурсов позволяет отслеживать связь между элементами балансовых данных и показателями доклада о развитии мировых водных ресурсов (ДРМВР), характеризующими нагрузку на природные ресурсы, ведь позволяет разработать оценочные показатели.

Установить причинные связи между элементами баланса данных и показателями ДРМВР, характеризующими состояние водных ресурсов, позволяет следующая система показателей: показатель взаимного пользования ресурсами, доли подземных водных ресурсов, общего показателя фактически возобновляемых водных ресурсов, объема осадков, объема поверхностных вод, объема водных ресурсов на душу населения, коэффициента зависимости, показателя развития, который взаимосвязан с водными ресурсами и их качественными, а также количественными характеристиками, доли от-

тока в другие регионы мира. Все эти показатели рассчитываются исходя из доли фактически возобновляемых водных ресурсов [10].

#### Выводы

В конце концов, могут быть рассчитаны показатели связи между элементами Международных рекомендаций по статистике водных ресурсов и показателями ДРСВР, что касаются здравоохранения: доступ к безопасной и чистой питьевой воде (MDGgoal 7.8); доступ к основному санитарно-техническому оборудованию (MDGgoal 7.9), а также показатели, не охватываемые текущим изданием Международных рекомендаций по статистике водных ресурсов [7].

Вся совокупность рассчитанных показателей служит достижению центральной цели управления региональным социально-экономическим развитием — всестороннему повышению стандартов жизни и безопасного, экологичного проживания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Регеранд Т.И., Филатов Н.Н. Восстановление водных объектов на примере стран ЕС // Водная среда: комплексный подход к изучению, охране и использованию. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. С. 9–18.
2. Березовская И.В. Особенности загрязнения поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, № 3, 2018. С. 131–141.
3. Guidance on the Role, Operations and Management of National Meteorological and Hydrometeorological Services (NMSs) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.wmo.int/pages/prog/dra/documents/2011ECWG\\_CDd05.2.1WG\\_CD\\_ROM\\_Guide\\_20111214\\_DI.ppt](http://www.wmo.int/pages/prog/dra/documents/2011ECWG_CDd05.2.1WG_CD_ROM_Guide_20111214_DI.ppt).
4. Евграфова И.М., Евграфов В.А., Лаврусевич А.А. Мониторинг загрязненности поверхностных и подземных вод при золотодобыче закрытым способом // Научное обозрение. 2015. № 12. С. 35–39. — EDN UMLPAB.
5. Чиганова М.А. Загрязнение поверхностных и сточных вод // Вода: химия и экология. 2019. №10, С.40–46.
6. Веницианов Е.В. Современные проблемы мониторинга водных объектов // Статьи и тезисы. IX Междунар. симпозиум «Чистая вода России–2020». 17–20 апреля 2020 г. Екатеринбург. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2020. С. 16–29.
7. WMO. Infohydro [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.wmo.int/pages/prog/hwtrp/INFOHYDRO/infohydro\\_index.php](http://www.wmo.int/pages/prog/hwtrp/INFOHYDRO/infohydro_index.php).
8. Кольцов В.Б., Кольцова О.Б. Очистные сооружения: учебник и практикум. М.: ООО «Издательство ЮРАЙТ», 2016. 588с. — ISBN 978-5-9916-7000-5. — EDN VTWXYZ.
9. System of Environmental-Economic Accounting for Water [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesf/Seriesf\\_100e.pdf](http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesf/Seriesf_100e.pdf).
10. International standard industrial classification of all economic activities (ISIC), Rev. 4 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isc-4.asp>
11. International recommendations for water statistics [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/irws/irwswebversion.pdf>.
12. Авандеева О.П. Методические аспекты мониторинга качества вод для зон повышенного экологического риска нефтегенных загрязнений: Автореф. дисс. канд. геогр. наук. М., 2018. 22 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КИБЕРАТАК НА ОСНОВЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

## APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR DETECTING CYBER ATTACKS BASED ON SOCIAL ENGINEERING

**N. Kotikov  
A. Rusakov  
V. Filatov**

*Summary.* This article presents a study on the development of a tool for proactive analysis and classification of potentially malicious web pages. The research materials contain an overview of the existing means of identifying illegitimate resources, justified by the relevance of the study. Also presented are: scope of application, subject of research and potential limitations of software implementation. The main tasks are formulated, algorithms and methods that need to be taken into account during development are defined. The article concludes that an integrated approach to ensuring infrastructure protection, taking into account multi-vector analysis, is quite in demand both theoretically and practically.

*Keywords:* classification of web pages, phishing, information security.

**Котиков Никита Михайлович**

Российский Технологический  
Университет МИРЭА, Москва  
KotikovNik@yandex.ru

**Русаков Алексей Михайлович**

Старший преподаватель, Российский Технологический  
Университет МИРЭА, Москва  
rusal@bk.ru

**Филатов Вячеслав Валерьевич**

Кандидат технических наук, доцент, Российский  
Технологический Университет МИРЭА, Москва  
filv@mail.ru

*Аннотация.* В данной статье представлено исследование по разработке инструмента проактивного анализа и классификации потенциально вредоносных веб-страниц. В материалах исследования содержится обзор существующих средств выявления нелегитимных ресурсов, обоснованный актуальностью исследования. Также представлены: область применения, предмет исследования и потенциальные ограничения программной реализации. Сформулированы основные задачи, определены алгоритмы и методы, которые необходимо учесть при разработке. В статье производится вывод, что комплексный подход к обеспечению защиты инфраструктуры с учетом многовекторного анализа является достаточно востребованным как в теоретическом, так и в практическом плане.

*Ключевые слова:* классификация веб-страниц, фишинг, информационная безопасность.

В современном мире компьютерных технологий представители малого и среднего бизнеса, крупных корпораций и даже рядовых пользователей с личными устройствами для доступа в сеть интернет так или иначе знакомы с такими понятиями как защита информации, хакеры, утечки информации. В рамках чтения публичных средств массовой информации мы часто видим все новые и новые статьи о хакерских атаках и их последствиях — все это дополнительно, несмотря на требования регуляторов по информационной безопасности, добавляет понимания и осознанности специалистам, что любую информационную систему (далее — ИС) необходимо обеспечить защитой от различного рода векторов нелегитимного воздействия. Можно наблюдать, как, построив саму ИС, выстроив процессы взаимодействия и реагирования на возникающие инциденты, организации начинают чувствовать себя в относительной безопасности. Но зачастую это не так, ведь представители компаний не учитывают один важный факт — пользователями ИС являются обычные люди. Несомненно, использование криптографии, средств

межсетевое экранирование, контроля доступа и других решений в разрезе построения комплексной системы обеспечения информационной безопасности на предприятии обеспечивает надежный уровень эшелонированной защиты. Но именно взаимодействие человека с системой порой несет наиболее неясные и критичные риски.

### Человеческий фактор

Информация представляет собой один из наиболее ценных активов для компании, который может содержать в себе тайну или иные конфиденциальные данные, при определенных условиях позволяющие укрепить положение на рынке или избежать непредвиденных потерь. Именно поэтому так много внимания следует уделять ее защите. С любой ИС взаимодействуют пользователи — люди, что неизбежно влечет возникновение влияния человеческого фактора на все без исключения процессы организации.

Человеческий фактор — термин, которым описывают неконтролируемое влияние на принятие решений личностями в ситуации, обусловленной психологической неустойчивостью отдельной штатной единицы в условиях потенциального риска нарушения информационной безопасности.

Соответственно, человеческий фактор определяет две категории действий личности.

К умышленным действиям относятся: намеренная кража, предоставление конфиденциальной и иной, имеющей ценность для организации, информации, ее искажение, модификация и уничтожение, иными словами, нарушение любого из свойств информации.

Соответственно, к неумышленным можно отнести утрату, уничтожение носителей или самой информации по неосторожности, когда человек допускает нарушение информационной безопасности случайно. Также к этой категории относится раскрытие информации под влиянием методов социальной инженерии.

**Социальная инженерия и ее виды**

Социальная инженерия на данный момент представляет собой совокупность различных техник несанкционированного доступа к защищаемой информации без использования технических средств для воздействия на целевую инфраструктуру. Основным методом является использование психологических приемов, направленных непосредственно на эксплуатацию человеческого фактора. Злоумышленник, используя все новые и новые техники общения с жертвами с целью добиться доверия и получить интересующую информацию. Социальная инженерия в первую очередь направлена на доверчивых и невнимательных сотрудников. На данный момент методы психологической манипуляции являются полноценным разделом в информационной безопасности и изучаются на уровне государства.

Можно выделить несколько наиболее актуальных методов.

Фишинг (англ. phishing произв. fishing — рыбалка) — метод, обусловленный рассылкой сообщений с исполь-

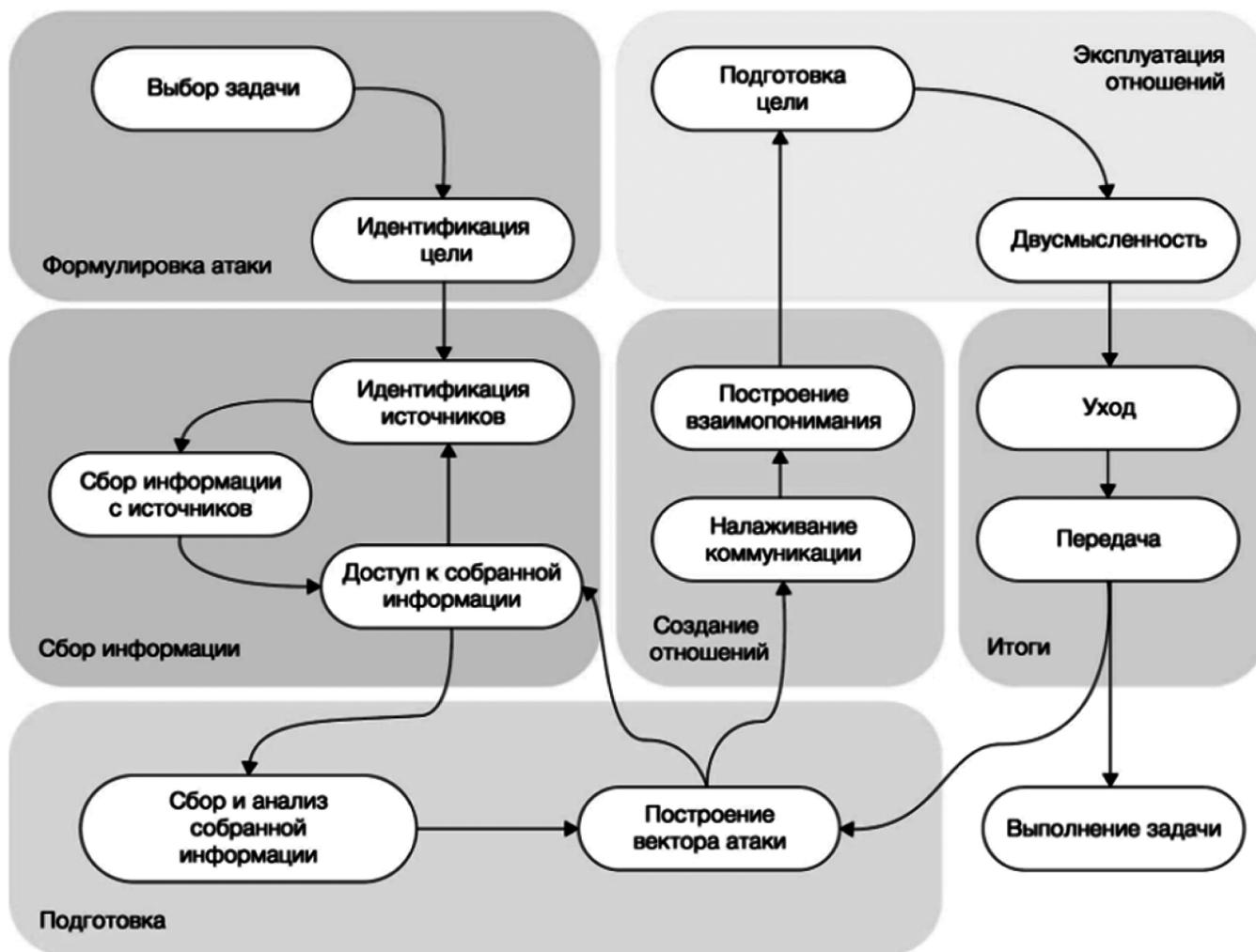


Рис. 1. Схема взаимодействия

зованием почтовых клиентов или мессенджеров, внутри которых содержатся ссылки и qr-коды, ведущие на вредные ресурсы, или вредоносные файлы под видом обычного документа. Такие рассылки обычно производятся под видом руководства или сотрудников компаний для еще большего введения в заблуждение.

Фарминг (англ. farming — культивация в сельском хозяйстве) — метод, основным вектором которого является доставка пользователям вредоносного файла, перенаправляющего трафик на поддельные копии реально существующих ресурсов.

Вишинг (англ. voice fishing — голосовой фишинг, сокращённо «vishing») — метод, основанный на выполнении голосовых вызовов от имени компаний или силовых ведомств. Яркий пример — звонки от «службы безопасности Сбербанка» или «сотрудников Госуслуг».

Байтинг (англ. bait — наживка) — метод, основанный на размещении приманки, которая заставит цель инициировать взаимодействие. К примеру, размещение съемного носителя с вредоносной нагрузкой.

Зачастую хорошо продуманные целевые атаки содержат в себе совокупность разных методов и тактик, позволяющих получить необходимую информацию и развить воздействие.

**Используемые классы решений по защите информации**

На данный момент большинство организаций защищены от воздействия с использованием основных методов социальной инженерии.

Для защиты конечных точек, контроля подключений съемных носителей и загрузки файлов с целью проверки на наличие вредоносных файлов компании используют антивирусные средства защиты (AV) и средства защиты конечных точек (EDR).

Активно внедряются классы решений, предназначенных для предотвращения передачи конфиденциальной информации по каналам связи, контроля действий пользователей на устройстве в реальном времени (DLP).

Для предотвращения стандартных фишинговых и спам — рассылок организации используют почтовые шлюзы — (Mail Gateway), средства защиты, которые анализируют заголовки поступающей электронной корреспонденции, домен отправителя и содержимое. Данный класс решений иногда сочетает в себе функционал песочницы (SanBox) для анализа поступающих файлов.

Стоит отметить, что даже совокупность всех перечисленных средств защиты в комплексе (комплексная

система обеспечения информационной безопасности — КСОИБ) и грамотно выстроенные процессы информационной безопасности не позволяют гарантировать высокий уровень защиты пользователей и организации в целом от хорошо продуманных целевых атак с использованием социальной инженерии, так как необходима не просто защита от файловых угроз, контроль конечных точек и почты, но и проактивный анализ содержимого интернет — ресурсов при взаимодействии с браузером пользователей.

**Обзор и анализ существующих алгоритмов машинного обучения**

Машинное обучение — довольно крупный раздел, являющийся одной из форм искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, основным принципом обучения которых является обучение на основе решений множества аналогичных задач.

*Байесовский классификатор.*

Центральным инструментом машинного обучения считается теорема Байеса, основной принцип которой обусловлен оценкой вероятности не только происхождения события, но и его достоверности:

$$P(\theta|D) = \frac{P(\theta)P(D|\theta)}{P(D)} = \frac{P(\theta)P(D|\theta)}{\int_{\theta \in \Theta} P(D|\theta)P(\theta)d\theta} \quad (1)$$

где  $\theta$  — параметры модели,  
 $D$  — данные объекта исследования,  
 $P(\theta)$  — априорная вероятность (prior probability),  
 $P(D | \theta)$  — правдоподобие (likelihood),  
 $P(\theta|D)$  — апостериорная вероятность (posterior probability),  
 $P(D) = \int P(D|\theta)P(\theta)d\theta$  — вероятность данных (evidence).

Задачей машинного обучения является поиск и/или максимизация распределения апостериорной вероятности  $P(\theta|D)$  в целях определения наиболее подходящих к набору данных параметров для воспроизведения новых предсказаний.

Главный принцип классификатора заключается в вычислении функции правдоподобия для каждого объекта класса, по которой, в свою очередь, вычисляются апостериорные вероятности классов. Для этого необходимо определить плотность распределения каждого из классов. Данный метод не труден в реализации, но требует обучающей выборки, которая сильно влияет на точность классификатора своим объемом.

**Алгоритм k-ближайших соседей**

Данный метод является метрическим классификатором, обусловленным оценкой сходства объектов. Алго-

ритм причисляет исследуемый объект к классу, которому принадлежат ближайшие его соседи. Для реализации алгоритма используется расстояние Минковского:

$$\rho(x, y) = \left( \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (2)$$

где  $n$  — количество объектов в наборе данных,  
 $p$  — параметр Минковского.

Метод ближайших соседей несложен в реализации с любым количеством параметров в классификации, но увеличение объема обучающей выборки негативно влияет на алгоритм, помимо этого он требует существенных вычислительных мощностей и обладает не самой лучшей точностью классификации.

#### Логистическая регрессия

Регрессии применяются для моделирования отношений между переменными, а также дальнейшего анализа с целью определения влияния этих переменных на итоговый результат. Регрессия является зависимостью математического ожидания случайного значения от определенного количества других величин, имеет общий вид  $E(y | x) = f(x)$ . Основной задачей выступает поиск функции, которая наиболее точно описывает текущую зависимость. Одним из алгоритмов обучения для методов машинного обучения является линейная регрессия, которая обусловлена моделью зависимости линейного вида:

$$y(x, \omega) = \omega_0 + \sum_{j=1}^p x_j w_j = x^T w \quad (3)$$

Метод логистической регрессии широко применяется для решения линейных задач (неприменимо для нелинейных), прост в реализации, не требует большого количества вычислительных мощностей, но является не самым мощным и может быть превзойден другими алгоритмами.

#### Искусственные нейронные сети

Данный метод является математической моделью, построенной по принципу нейронных связей живых организмов, где каждый нейрон обладает связью с другими слоями соседей, а их эффективность повышается по мере обучения:

$$y(x, w) = f \left( \sum_{j=1}^N w_j \phi_j(x) \right) \quad (4)$$

где  $f$  — нелинейная функция активации,  
 $w$  — вектор весов,  
 $\phi$  — нелинейные базисные функции.

Обучение применяет принцип «обратного распространения ошибки», при котором разница эталонного и полученного значения передается между слоями в соответствии с коэффициентами связанности между нейронами

#### Сравнение программного обеспечения в области классификации фишинговых сайтов

Существует большое количество исследований на тему использования методов искусственного интеллекта для анализа легитимности интернет — ресурсов.

Для их сравнения необходимо получить среднеарифметическое значение качества модели по каждому из методов, учитывая частоту применения. Для простоты работы будут обозначены от W1 до W14 (см. табл. 1).

На основе сравнительного анализа можно сделать вывод, что наиболее востребованным является ансамбль случайного леса — при малых затратах наибольшая точность классификатора. Но наилучшего результата классификации позволяет достичь алгоритм градиентного бустинга XGBoost на основе деревьев решений.

#### Критерии классификации интернет-ресурсов

В качестве основного критерия определения подлинности веб-страниц выступают компоненты URL.

`<схема> : [ // [ <логин> [ : <пароль> ] @ ] <хост> [ : <порт> ] ] [ / <URL-адрес> ] [ ? <параметры> ] [ # <якорь> ]`

Рис. 2. Структура URL

<схема> — схема обращения к ресурсу, т.е. сетевой протокол;

<логин> — имя пользователя, используемое для доступа к ресурсу;

<пароль> — пароль пользователя;

<хост> — полное доменное имя хоста в системе DNS или IP-адрес;

<порт> — порт хоста для подключения;

<URL-адрес> — унифицированный указатель ресурса;

<параметры> — строка GET-запроса с передаваемыми параметрами на сервер (символ «?» — начало запроса, символ «&» — разделитель параметров);

<якорь> — идентификатор «якоря» с предшествующим символом #.

Таблица 1.

Сравнение применяемых алгоритмов в существующих решениях

| Метод             | W7   | W1   | W12  | W3   | W5   | W9   | W10  | W2   | W8   | W4   | W6   | W11  | W14  | W13  | Σ | %     |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|-------|
|                   | 99,3 | 98,7 | 98,0 | 97,9 | 97,8 | 97,6 | 97,4 | 96,5 | 95,3 | 94,3 | 93,4 | 92,7 | 91,5 | 83,0 |   |       |
| XGBoost           |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,72 |
| Extra-Tree        |      | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2 | 98,36 |
| SVM               |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,00 |
| LR                |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,00 |
| kNN               |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,00 |
| Adaboost          |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,00 |
| Gradient Boosting |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,00 |
| Bagging           |      |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      | 2 | 97,70 |
| CNN               |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 97,60 |
| Bayesian          |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      | 1 | 96,50 |
| DT                | +    |      | +    |      | +    |      |      |      |      |      |      |      | +    |      | 4 | 96,64 |
| ANN               |      |      | +    |      |      |      | +    |      | +    |      | +    |      |      |      | 4 | 96,04 |
| RF                |      | +    | +    | +    |      |      | +    |      |      | +    | +    |      |      | +    | 7 | 94,69 |



Рис. 3. Общий формат URL

Первым компонентом URL является протокол доступа к ресурсу, второй определяет имя узла или его ip-адрес (разделяется на поддомен, основной и домен верхнего уровня). Далее третьим компонентом является идентификатором конкретного объекта, запрошенного пользователя.

Соответственно, злоумышленники, в целях повышения успешности своих целевых воздействий, используют методы модификации URL, cybersquatting, typosquatting, runuscode и т.д.

Для распознавания подлинности интернет-страниц используется комплекс критериев, каждый из которых описан в работах о том, как оценивать фишинговые страницы при помощи методов искусственного интеллекта. Для простоты рассматриваемых работ были использованы обозначения от W1 до W12.

Все представленные ниже критерии были отсортированы по условной величине:

$$Rank = \frac{\sum_{i=1}^n r_i * a_i}{n} \tag{5}$$

где  $n$  — кол-во моделей;

$r_i$  — точность классификации модели  $m_i$ , используемой рассматриваемый критерий;

$a_i$  — наличие рассматриваемого критерия.

Критерии, описанные в рассматриваемых работах, сведены в таблицу 2.

### Алгоритм классификации

На старте классификации происходит сбор необходимых данных для классификации, включая перечень необходимых критериев для классификации, обученную модель и перечень компонентов. Далее происходит комплексный компонентно-сигнатурный анализ, результатом которого является положительный либо отрицательный результат проверки подлинности.

### Тестирование программного продукта

В ходе эксплуатационных испытаний программного комплекса была проведена серия экспериментов, а решение позволяет производить эффективную оценку подлинности интернет-ресурсов (см. рис. 4).

### Заключение

Были рассмотрены и проанализированы методы и алгоритмы реализации программных средств с использованием методологии машинного обучения для

Таблица 2.

## Признаки фишинговых сайтов

| Критерий  | W12  | W1   | W9   | W2   | W6   | W7   | W5   | W3   | W4   | W8   | W11  | W10  | Σ  | %    | Rank |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|
|   | 99,9 | 98,7 | 98,0 | 98,0 | 97,6 | 97,4 | 95,3 | 94,3 | 93,4 | 92,7 | 91,5 | 83,0 |    |      |      |
| 1. Длина URL  | +    | +    |      | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |      | 10 | 95,9 | 79,9 |
| 2. Наличие IP-адресов в URL                                     | +    | +    |      |      | +    | +    | +    |      | +    | +    | +    |      | 8  | 95,8 | 63,9 |
| 3. Наличие @ в URL  | +    |      | +    |      | +    | +    | +    | +    | +    |      |      |      | 7  | 96,6 | 56,3 |
| 4. Рейтинг сайта  | +    |      |      | +    | +    | +    | +    |      | +    | +    |      |      | 7  | 96,3 | 56,2 |
| 5. Возраст домена   | +    |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    | +    | +    |      | 7  | 95,4 | 55,7 |
| 6. HTTPS в основном URL   |      | +    |      |      | +    | +    | +    | +    | +    |      |      |      | 6  | 96,1 | 48,1 |
| 7. Соотношение внешних ссылок                                   |      | +    |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      | +    |      | 6  | 95,7 | 47,8 |
| 8. Кол-во записей домена в DNS                                  | +    |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 5  | 96,7 | 40,3 |
| 9. Срок регистрации домена                                      | +    |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 5  | 96,7 | 40,3 |
| 10. Соотношение общих страниц (распространённых якорных ссылок) |      | +    |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 5  | 96,5 | 40,2 |
| 11. Наличие перенаправлений с использованием '/' в URL          |      |      | +    |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 5  | 96,4 | 40,1 |
| 12. Число поддоменов в URL                                      |      |      |      | +    | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 5  | 96,3 | 40,1 |
| 13. Кол-во якорных ссылок                                       |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      | +    |      | 5  | 95,1 | 39,6 |
| 14. Наличие всплывающих окон с полями для ввода текста          |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      | +    |      | 5  | 95,1 | 39,6 |
| 15. Кол-во повторов запроса URL                                 |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      | +    |      | 5  | 95,1 | 39,6 |
| 16. Веб-трафик  |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      | +    |      | 5  | 95,1 | 39,6 |
| 17. Число слешей в URL  | +    | +    | +    |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 4  | 97,7 | 32,6 |
| 18. Использование службы сокращения URL-адресов «TinyURL»       |      |      | +    |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 4  | 97,1 | 32,4 |
| 19. Нестандартный порт  |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 4  | 95,9 | 32,0 |
| 20. Отключение события щелчка правой кнопкой мыши               |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 4  | 95,9 | 32,0 |
| 21. Использование Iframe  |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 4  | 95,9 | 32,0 |
| 22. Кол-во перенаправлений                                      |      |      |      |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |      | 4  | 95,9 | 32,0 |
| 23. Число точек в URL   |      | +    | +    |      |      |      |      | +    |      | +    |      |      | 4  | 95,9 | 32,0 |
| 24. Обработчик серверных форм (SFM)                             |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      | +    |      | 4  | 95,5 | 31,8 |
| 25. Нулевые ссылки (наличие якорных ссылок)                     | +    | +    |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      | 3  | 97,4 | 24,3 |
| 26. Валидация TLD   |      | +    |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      |      | 3  | 97,0 | 24,2 |
| 27. Длина домена  |      | +    |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      |      | 3  | 97,0 | 24,2 |
| 28. Число имен брендов в URL                                    |      | +    |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      |      | 3  | 97,0 | 24,2 |
| 29. Средняя длина слова в URL                                   |      | +    |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      |      | 3  | 97,0 | 24,2 |
| 30. Число токенов в URL   |      | +    |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      |      | 3  | 97,0 | 24,2 |
| 31. Наличие префикса или суффикса, разделённого «-» в домене    |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 3  | 96,8 | 24,2 |
| 32. Загрузка Favicon с внешнего домена                          |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 3  | 96,8 | 24,2 |
| 33. Кол-во ссылок в тегах <Meta>, <Script>, <Link>              |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 3  | 96,8 | 24,2 |

| Критерий  | W12  | W1   | W9   | W2   | W6   | W7   | W5   | W3   | W4   | W8   | W11  | W10  | Σ | %     | Rank |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|-------|------|
|   | 99,9 | 98,7 | 98,0 | 98,0 | 97,6 | 97,4 | 95,3 | 94,3 | 93,4 | 92,7 | 91,5 | 83,0 |   |       |      |
| 34. Отправка информации по электронной почте                        |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 3 | 96,8  | 24,2 |
| 35. Наличие индекса в Google  |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 3 | 96,8  | 24,2 |
| 36. Составление статистических отчетов                              |      |      |      |      | +    | +    | +    |      |      |      |      |      | 3 | 96,8  | 24,2 |
| 37. Конечное состояние SSL  |      |      |      |      | +    | +    |      |      |      |      | +    |      | 3 | 95,5  | 23,9 |
| 38. Ненормальный URL  |      |      |      |      | +    |      | +    |      |      | +    |      |      | 3 | 95,2  | 23,8 |
| 39. Наличие имен доменов в титульнике                               | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2 | 99,4  | 16,6 |
| 40. Наличие имен доменов в авторских правах                         | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2 | 99,4  | 16,6 |
| 41. Наличие имен доменов в тексте заголовков                        | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2 | 99,4  | 16,6 |
| 42. Кол-во цифр в URL   |      |      | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 2 | 98,0  | 16,3 |
| 43. Проверка имени хоста по IP-адресу                               | +    |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 97,1  | 16,2 |
| 44. Наличие фишинговых слов   |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 45. Наличие имен брендов в поддомене                                |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 46. Число цифр в доменном имени                                     |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 47. Длина имени хоста   |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 48. Число дефисов в именах хостов                                   |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 49. Цифры в именах хостов   |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 50. Наличие фишинговых слов в URL                                   |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 51. Число цифр в URL  |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 52. Длина самого большого слова в URL                               |      | +    |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,5  | 16,1 |
| 53. Наличие дефисов в URL   |      |      | +    |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,1  | 16,0 |
| 54. Количество нижних подчеркиваний в имени хоста                   |      |      | +    |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,1  | 16,0 |
| 55. Наличие вопросительного знака в URL                             |      |      | +    |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,1  | 16,0 |
| 56. Наличие «;» в основном URL                                      |      |      | +    |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 2 | 96,1  | 16,0 |
| 57. Изменение статус бара при наведении мыши                        |      |      |      |      | +    |      |      |      | +    |      |      |      | 2 | 95,5  | 15,9 |
| 58. Время между текущим и момента уничтожения домена                | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 100,0 | 8,3  |
| 59. Наличие заголовка и атрибута ключевого слова                    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 100,0 | 8,3  |
| 60. Наличие ссылок на текущий домен                                 | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 100,0 | 8,3  |
| 61. Средняя длина слова   |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,7  | 8,2  |
| 62. Длина самого большого слова                                     |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,7  | 8,2  |
| 63. Наличие имен доменов в наименьших терминах TF-IDF               |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,7  | 8,2  |
| 64. Коэффициент сходства объектов (их хэшей) с расстоянием Хэмминга |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,7  | 8,2  |
| 65. Наличие «=» в основном URL                                      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0  | 8,2  |
| 66. Наличие «+» в основном URL                                      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0  | 8,2  |
| 67. Наличие «:» в основном URL                                      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0  | 8,2  |
| 68. Наличие «~» в основном URL                                      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0  | 8,2  |

| Критерий   | W12  | W1   | W9   | W2   | W6   | W7   | W5   | W3   | W4   | W8   | W11  | W10  | Σ | %    | Rank |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|
|  | 99,9 | 98,7 | 98,0 | 98,0 | 97,6 | 97,4 | 95,3 | 94,3 | 93,4 | 92,7 | 91,5 | 83,0 |   |      |      |
| 69. Наличие «#» в основном URL   |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 70. Наличие «!» в основном URL   |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 71. Наличие «&» в основном URL   |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 72. Наличие «%» в основном URL   |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 73. Длина самого короткого слова в URL   |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 74. Стандартное отклонение длин слов в необработанном списке слов                |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 75. Количество рассматриваемых слов, обработанных в модуле декомпозиции слова    |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 76. Средняя длина рассматриваемых слов, обработанных в модуле декомпозиции слова |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 77. Число декомпозированных слов   |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 78. Число ключевых слов в URL  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 79. Число схожих с ключевыми словами слов  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 80. Число схожих с ключевыми словами брендов                                     |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 81. Число рандомно сгенерированных слов  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 82. Число целевых имен брендов в URL   |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 83. Число целевых ключевых слов в URL  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 84. Число других слов  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 85. Имя домена состоит из случайного набора символов                             |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 86. Длина поддомена  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 87. Наличие www. com в доменах или поддоменах                                    |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 88. Punycode   |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 89. Наличие специальных символов в URL   |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 90. Последовательное повторение символа  |      |      |      | +    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 | 98,0 | 8,2  |
| 91. Кастомизация статус бара   |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      |      | 1 | 95,3 | 7,9  |
| 92. Длина самого большого слова в имени хоста                                    |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 93. Наличие нескольких TLD   |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 94. Наличие «\$» в URL   |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 95. Наличие запятой в основном URL   |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 96. Наличие '*' в основном URL   |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 97. Наличие символа OR в основном URL  |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 98. Наличие пробела в основном URL   |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      |      | 1 | 94,3 | 7,9  |
| 99. Принадлежность хоста к основным фишинговым доменам                           |      |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |      | 1 | 93,4 | 7,8  |
| 100. Оценка доступности  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      | 1 | 92,7 | 7,7  |
| 101. Сравнение коэффициентов сжатия в моделях легитимных и фишинговых сайтов     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | +    | 1 | 83,0 | 6,9  |



Рис. 4. Алгоритм классификации

классификации подлинности интернет — ресурсов. Было проведено исследование предметной области, обзор существующих алгоритмов машинного обучения и перечень подходов к использованию. Все методы имеют свои достоинства в рамках решения различных задач. Наиболее эффективным методом классификации интернет-ресурсов можно отметить агрегированный, комплексный подход с использованием наиболее популярных и эффективных критериев и методов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Rao R.S., Pais A.R. Two level filtering mechanism to detect phishing sites using lightweight visual similarity approach // *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2019.
2. Rao R.S., Vaishnavi T., Pais A.R. CatchPhish: detection of phishing websites by inspecting URLs // *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Vol. 11, No. 2, February 2020. с. 813–825.
3. APWG. Phishing Attack Trends Report — 2Q 2020 [Электронный ресурс] [2021]. URL: [https://docs.apwg.org/reports/apwg\\_trends\\_report\\_q4\\_2020.pdf](https://docs.apwg.org/reports/apwg_trends_report_q4_2020.pdf) (дата обращения: June.10.2021).
4. Mitchell T.M. *Machine Learning*. McGraw-Hill Education, 1997. 432 с.
5. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. погружение в мир нейронных сетей. Питер СПб: Питер, 2018. 480 с.
6. Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. «Распознавание». Математические методы. программная система. Практические применения. Москва: ФАЗИС, 2006. 176 с.
7. Стрижев В.В. Методы индуктивного порождения регрессионных моделей. Москва: вычислительный центр РАН, 2008. 61 с.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep learning*. The MIT Press, 2016. 800 с.
9. Шахиди А. *Деревья решений: общие принципы*. 2019.
10. Росса В. Ensemble methods: bagging, boosting and stacking [Электронный ресурс] [2019]. URL: <https://towardsdatascience.com/ensemble-methods-bagging-boosting-and-stacking-c9214a10a205> (дата обращения: 10.июнь.2021).
11. loginom. Нормализация данных URL: <https://wiki.loginom.ru/articles/data-normalization.html> (дата обращения: 10.Июнь.2021).
12. Sahu B., Dehuri S., Jagadev A. A Study on the Relevance of Feature Selection Methods in Microarray Data // *The Open Bioinformatics Journal*, Vol. 11, 2018. с. 117–139.
13. Dimension Reduction Techniques with Python URL: <https://towardsdatascience.com/dimension-reduction-techniques-with-python-f36ca7009e5c> (дата обращения: 10.Июнь.2021).
14. Bergstra J., Bengio Y. Random Search for Hyper-Parameter Optimization // *Journal of Machine Learning Research* 13, 2012.
15. Dewancker I., McCourt M., Clark S. *Bayesian Optimization for Machine Learning: A Practical Guidebook* 2016. URL: [https://static.sigopt.com/b/20a144d208ef255d3b981ce419667ec25d8412e2/static/pdf/SigOpt\\_Bayesian\\_Optimization\\_Primer.pdf](https://static.sigopt.com/b/20a144d208ef255d3b981ce419667ec25d8412e2/static/pdf/SigOpt_Bayesian_Optimization_Primer.pdf) (дата обращения: 10.Май.2021).
16. Дудченко П.В. Метрики оценки классификаторов в задачах медицинской диагностики // *Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных*. Томск. 2019. с. 164–165.

© Котиков Никита Михайлович (KotikovNik@yandex.ru); Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Филатов Вячеслав Валерьевич (filv@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ТЕСТИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ С ЦЕЛЫМИ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМИ ЧИСЛАМИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КОНТЕЙНЕРАХ DOCKER И НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ХОСТЕ

PERFORMANCE EVALUATION OF INTEGER AND FLOATING-POINT ARITHMETICAL OPERATIONS CARRIED OUT USING DOCKER CONTAINERS AND HOST MACHINE

I. Lapin  
A. Sergeev  
A. Khakhina

*Summary.* This article provides the description and testing results of the performance of arithmetical operations with integer and floating-point numbers carried out using Docker containers with Linux operating system and the host machine with MacOS. Benchmark results and the findings provided in this article might be useful while deciding to use the Docker virtual machines to maintain the simultaneous calculations while considering the possible overheads and increased time consumption.

*Keywords:* computer technology, containerization, Docker, operating system, computer, virtualization, testing, integer calculations, floating-point calculations, benchmark.

В настоящее время практика использования Docker-контейнеров стала уже необычайно широкой и популярной. Такие контейнеры используются при разработке, тестировании, развертывании приложений, обеспечении рабочей инфраструктуры, реализации SaaS (Software as a Service) [1] и прочее.

В связи с этим актуальным и интересным является вопрос производительности подобных контейнеров — насколько сильно отличаются показатели производительности при работе непосредственно на хосте с прямым доступом к аппаратным ресурсам, и внутри Docker-контейнера. Один из самых простых способов сравнения — оценка времени выполнения арифметических вычислений ресурсами процессора в контейнере и непосредственно на хосте.

Таким образом, цель данной работы заключается в том, чтобы оценить различия в скорости выполнения

**Лапин Игорь Александрович**  
ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
igarjar.co@gmail.com

**Сергеев Анатолий Васильевич**  
К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
sergeev\_av@spbstu.ru

**Хахина Анна Михайловна**  
Д.т.н, профессор, ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
anna-hahina@mail.ru

*Аннотация.* ВВ данной статье приводится описание и результаты тестирования производительности арифметических операций с целыми и действительными числами при выполнении вычислений в контейнерах Docker с операционной системой Linux, а также непосредственно на хосте с операционной системой MacOS. Результаты тестирования и приведенные выводы могут быть полезны при принятии решения о возможности использования виртуальных машин Docker для обеспечения одновременных вычислений с учетом появляющихся накладных расходов и увеличения времени вычислений.

*Ключевые слова:* компьютерные технологии, технологии контейнеризации, Docker, операционная система, компьютер, виртуализация, тестирование, целочисленные вычисления, вычисления чисел с плавающей запятой, оценка производительности.

арифметических вычислений с целыми и действительными числами непосредственно на хосте и в Docker-контейнере.

Данную задачу можно решать средствами различных языков; в данном случае мы воспользуемся средствами языка C, чтобы обеспечить высокий уровень точности вычислений и наибольшего приближения к начальным стандартам типов данных, без использования усложненных структур (к примеру, Python использует расширенные варианты C-типов, что также может сказываться на скорости вычислений) и т.п.

Задуманный эксперимент призван оценить «качество» использования вычислительных ресурсов системы хоста при вычислениях непосредственно на хосте, а также при вычислениях в Docker-контейнерах.

Для создания программы на C потребуется воспользоваться компилятором, к примеру — GCC. Выберем та-

кой Docker-image из стандартного репозитория Docker-образов, в котором сразу установлен компилятор — gcc [2]. Этот дистрибутив опирается на Debian.

Так как исследования будут проводиться на компьютере под управлением MacOS Big Sur, то, чтобы обеспечить наибольшую степень схожести между виртуальным и физическим окружениями, Docker-контейнер идеально было бы создать с использованием дистрибутива MacOS. Однако, единственная существующая реализация OSX для Docker-контейнеров — sickcodes/docker-osx [3], которая требует хост, совместимый с виртуальными машинами KVM, к сожалению, не представленными для MacOS. Поэтому воспользуемся контейнером с дистрибутивом Linux (исначальный Unix подход у систем обшей).

Итак, перейдем к разработке тестовой программы. Нам необходимо оценить скорость выполнения арифметических вычислений, для этого будем последовательно выполнять различные арифметические операции: сложение, вычитание, умножение и деление. В качестве операндов будут выступать случайно сгенерированные для каждого теста значения, так мы избежим дополнительной оптимизации со стороны компилятора, а также постоянных кэш-попаданий.

Для оценки времени нам потребуется зафиксировать момент времени непосредственно перед выполнением вычислений, а затем сразу после завершения вычислений, и в результате найти временной промежуток между этими моментами. Также поскольку один «прогон» набора арифметических операций над несколькими числами будет выполнен за слишком незначительный промежуток времени, который не окажется показательным, а также с целью повышения стабильности оценки времени вычислений на более длительном временном интервале, вычисления будут выполняться в циклах по 100 миллионов итераций. Основа для кода программы взята со stackoverflow [4] и модифицирована под текущую задачу. Здесь для генерации случайных чисел используется формула  $(rand() \% 256) / 16 + 1$ , в которой в скобках генерируются случайные числа от 0 до 255, а затем диапазон сужается до [1;16]. Можно было бы сразу получать числа от 0 до 16 в первых скобках, однако используя формулу в таком виде мы получаем более равномерное распределение.

Для более точной оценки времени производительности будем запускать тестовую программу несколько раз подряд, а затем вычислим средние показатели. Так как нам потребуется в дальнейшем производить такие запуски одновременно в нескольких контейнерах необходимо автоматизировать данный процесс. Сделать это можно, например, при помощи bash-скрипта. Будем выполнять программу 10 раз подряд, записывать полу-

чаемые промежуточные результаты как кумулятивную сумму, а затем вычислять средние значения и выводить их в stdout для фиксации и занесении в сравнительные таблицы.

Теперь можно перейти непосредственно к испытаниям. Все испытания, освещаемые в рамках данной работы, проводились на одном и том же физическом оборудовании при максимально возможном соблюдении равносильной нагрузки во время проведения всех тестов, не связанной напрямую с проводимыми тестами. Испытания проводились на персональном компьютере, поэтому, потенциально, результаты испытаний могут быть не столь показательны для оценки возможной относительной производительности в корпоративной среде на специализированном оборудовании. Технические характеристики системы, на которой проводились все испытания, представлены в таблице 1. Стоит отметить, что приводятся те характеристики, которые актуальны при решении конкретных вычислительных задач, определенных в рамках данной работы (к примеру, видеодаптер не учитывается, так как видеопамять не будет задействована).

Таблица 1.

Технические характеристики системы

| Аппаратный элемент | Характеристики  |
|--------------------|---|
| CPU                | Intel Quad Core i5 1038NG7,<br>4 cores, 8 threads, 2.0GHz stock, 3.8GHz Turbo Boost |
| RAM                | 16Gb LPDDR4X SDRAM, 3733MHz   |
| Storage            | NVME SSD, 512Gb   |
| OS                 | MacOS BigSur  |

Стоит отметить также, что для компиляции тестовой программы мы использовали компилятор gcc с параметрами по умолчанию. При таких настройках компиляция проводится в режиме совместимости с обобщенным семейством процессоров x86-64, поэтому используется стандартный набор инструкций. Только для чисел с плавающей запятой используются немного более продвинутые ассемблерные инструкции семейства Streaming SIMD Extensions (SSE) [5]. С такими параметрами не используются инструкции семейства Advanced Vector Extensions (AVX) [6] (включая AVX2 и AVX-512F). Однако, даже если бы мы явно компилировали с учетом поддержки этих инструкций, то векторные инструкции в нашем приложении были бы применены лишь для вычислений чисел с плавающей запятой, и не в полном объеме (по умолчанию используется 128-битовый регистр). Чтобы компилятор использовал инструкции семейства AVX необходимо изначально писать код на C с использованием специальных типов данных и функций [7]. Однако, набор инструкций может меняться в зависимости от оборудования конкретной системы, ведь это зависит от поколения процессора (его архитектуры), поэтому,

чтобы получить наиболее обобщенный результат тестирования, имеет смысл использовать стандартный набор инструкций.

В целом же разница между вычислениями для целых чисел и для чисел с плавающей запятой заключается в том, что для них используются различные вычислительные модули: Arithmetic Logic Unit (ALU) [8] для целочисленных операций и Floating-point Unit (FPU) [9] для операций с числами с плавающей запятой. Стоит отметить, что для вычисления чисел с плавающей запятой потенциально можно было бы использовать и ALU, однако FPU обладает большей мощностью, что позволяет существенно увеличить производительность таких операций.

В качестве некоторой опорной линии возьмем результаты, которые получим при вычислениях непосредственно на хосте, они приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты тестирования производительности при запуске на хосте

|      | Integer calculations |       | Floating point calculations |       |
|------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|      | sec                  | %     | sec                         | %     |
| Host | 5.187                | 100 % | 6.586                       | 100 % |

Итак, теперь, имея некоторый baseline, появляется возможность сравнить с ним получаемые результаты в контейнерах. Стоит отметить, что вычисления выполняются последовательно, поэтому нагрузка в нашем случае всегда будет идти на один поток. Таким образом Docker-контейнер всегда будет занимать не больше одного логического ядра (относительно нагрузки со стороны выполняющегося в нем теста). Таким образом мы можем выделить виртуальной машине Docker не все логические ядра, что есть на физической машине, это сохранит не затронутыми некоторые ресурсы хоста для стабильной поддержки работы Docker и системы хоста, в то же время это никак не повлияет на результаты эксперимента, так как что на хосте, что в контейнерах, вся нагрузка будет идти на один поток. Выставим для Docker 4 логических ядра из 8. Сперва протестируем скорость вычислений при одном запущенном контейнере. Результаты теста в сравнении с опорной линией приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты тестирования производительности при одном запущенном контейнере

|                  | Integer calculations |       | Floating point calculations |       |
|------------------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                  | sec                  | %     | sec                         | %     |
| Host             | 5.187                | 100 % | 6.586                       | 100 % |
| Container        | 5.606                | 108 % | 7.175                       | 110 % |
| Relative changes | 0.419                | 8 %   | 0.589                       | 9 %   |

Можно наблюдать, что время вычислений, пусть и не сильно, но выросло. Это вполне ожидаемый результат, так как для выполнения вычислений в контейнере необходимо сперва направить инструкции ядру гостевой ОС, а затем Docker транслирует их ядру ОС хоста. Очевидно, что на эти операции тратится некоторое время, в результате чего возникает некоторый input-lag, увеличивающий время вычислений, что мы и наблюдаем.

Теперь усложним задачу, запустив одновременно несколько контейнеров. Чтобы результаты теста были наиболее достоверными, воспользуемся для этого механизмом репликации Docker, с помощью которого будет возможно запустить все контейнеры практически в один момент времени, за счет чего все тесты будут выполняться одновременно. Для такой реализации укажем в docker-compose.yml режим работы «replicated» и количество «реплик» контейнера. Будем одновременно запускать сперва 2, затем 3, 5 и 10 контейнеров, чтобы проследить динамику изменения производительности вычислений. Результаты тестов представлены соответственно в таблицах 4, 5, 6 и 7. Возможны небольшие погрешности по времени старта контейнеров даже при запуске с использованием механизма репликации, поэтому во всех экспериментах запуски будут производиться несколько раз, а затем будут посчитаны средние величины времени работы для всех тестов в контейнерах по всем запускам. Для этого будем использовать bash-скрипт, описанный ранее. Это позволит отчасти нивелировать погрешность, однако, она все еще может наблюдаться, так как даже при batch-запуске контейнеров какие-то из них все равно запустятся на доли секунд раньше, чем другие, что, очевидно, может сказываться на времени выполнения, так как другие контейнеры еще не занимают часть ресурсов. На рисунке 1 представлен график итоговых полученных кривых изменения производительности (скорости вычислений) в зависимости от числа одновременно запущенных контейнеров.

Таблица 4.

Результаты тестирования производительности при двух запущенных контейнерах

|                    | Integer calculations |       | Floating point calculations |       |
|--------------------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                    | sec                  | %     | sec                         | %     |
| Host               | 5.187                | 100 % | 6.586                       | 100 % |
| Containers average | 5.757                | 111 % | 7.209                       | 109 % |
| Relative changes   | 0.570                | 11 %  | 0.623                       | 9 %   |

По данным тестирования можно сделать вывод о том, что один одновременно работающий контейнер не сильно увеличивает время выполнения вычислений относительно выполнения на хосте; для целых чисел накладки составляют 8%, а для чисел с плавающей запятой — 9% (таблица 2). Подобные изменения вполне возможно списать на задержку из-за преобразования команд внутри контейнера к реальному оборудованию.

Таблица 5.  
Результаты тестирования производительности при трех запущенных контейнерах

|                    | Integer calculations |       | Floating point calculations |       |
|--------------------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                    | sec                  | %     | sec                         | %     |
| Host               | 5.187                | 100 % | 6.586                       | 100 % |
| Containers average | 6.226                | 120 % | 7.624                       | 116 % |
| Relative changes   | 1.039                | 20 %  | 1.038                       | 16 %  |

Таблица 6.  
Результаты тестирования производительности при пяти запущенных контейнерах

|                    | Integer calculations |       | Floating point calculations |       |
|--------------------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                    | sec                  | %     | sec                         | %     |
| Host               | 5.187                | 100 % | 6.586                       | 100 % |
| Containers average | 8.213                | 158 % | 9.422                       | 143 % |
| Relative changes   | 3.026                | 58 %  | 2.836                       | 43 %  |

Ранее уже упоминалось, что для VM Docker было выделено 4 ядра, таким образом мы смогли наблюдать, что при выполнении однопоточных операций внутри контейнера, при одновременной работе нескольких кон-

тейнеров, если их количество не превышает количество выделенных ядер (логических) VM Docker, то, согласно полученному графику на рисунке 1, снижение производительности наблюдается в пределах 10 % (относительно запусков в контейнерах) (таблицы 3–5). Также можно увидеть, что, действительно, график при приращении количества контейнеров, не превышающем количество логических ядер, остается пологим и медленно растет.

Таблица 7.  
Результаты тестирования производительности при десяти запущенных контейнерах

|                    | Integer calculations |       | Floating point calculations |       |
|--------------------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                    | sec                  | %     | sec                         | %     |
| Host               | 5.187                | 100 % | 6.586                       | 100 % |
| Containers average | 14.973               | 289 % | 17.859                      | 271 % |
| Relative changes   | 9.786                | 189 % | 11.273                      | 171 % |

При анализе вычислений с одновременным использованием большего количества контейнеров, чем число выделенных ядер для VM Docker, мы ожидаемо наблюдаем увеличение времени вычислений для каждого контейнера, так как теперь они вынуждены разделять ресурсы между собой. При увеличении количества

### Performance of calculations

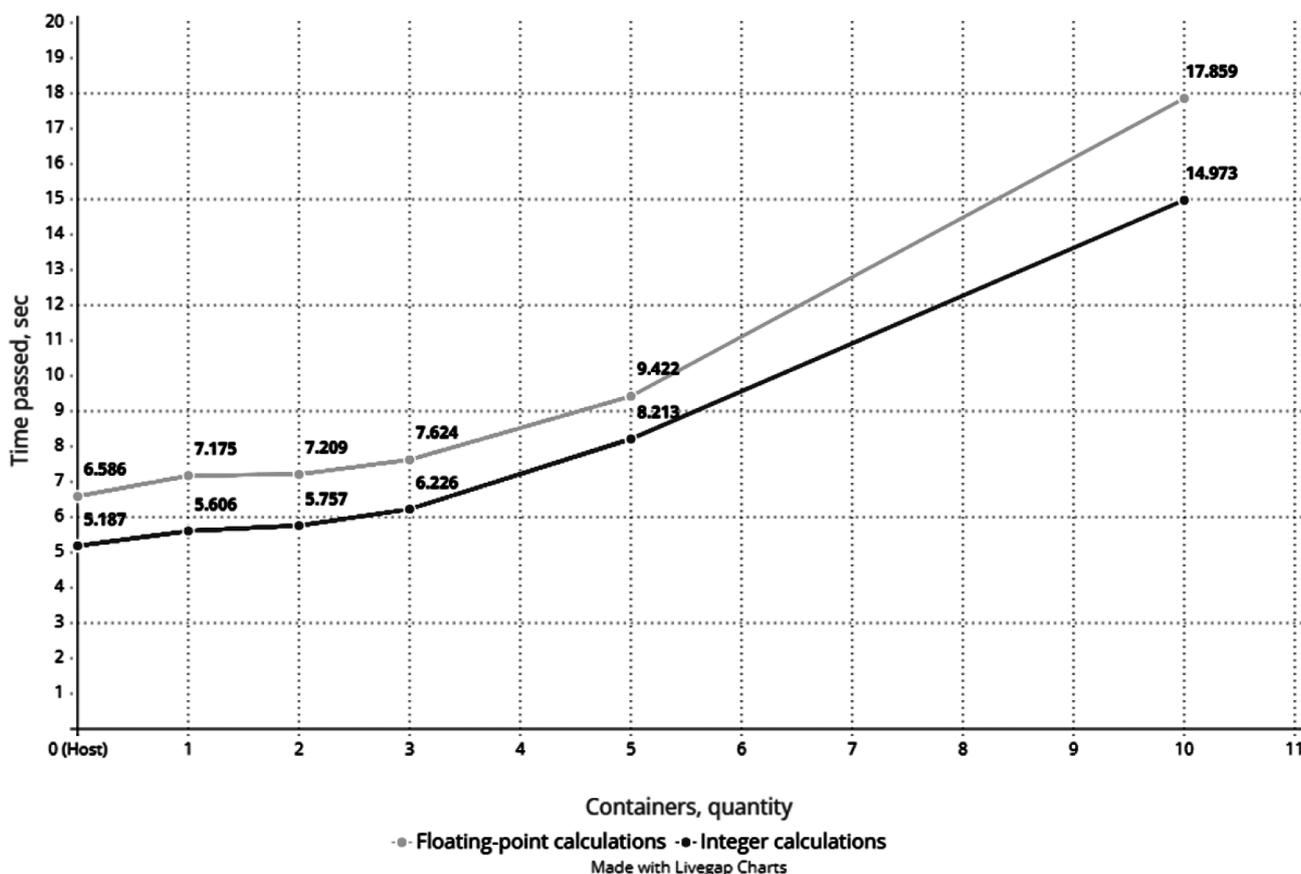


Рис. 1. Итоговые кривые производительности

контейнеров до 5 (таблица 6), а затем до 10 (таблица 7) загруженность VM docker составляла 400 % (100 % — одно ядро VM); и мы можем отметить, что так как вычисления были начаты одновременно (с небольшой погрешностью на накладку при пакетном запуске), и завершены они также были практически одновременно, это значит, что Docker распределял ресурсы VM равномерно между всеми контейнерами. Таким образом, мы можем вычислить, что в среднем каждому контейнеру было выделено  $\frac{400\%}{10} = 40\%$  ресурсов. Можно было

бы предположить, что в этом случае производительность, относительно одного контейнера, должна была бы упасть примерно в 2.5 раза, однако это цифра выходит больше, — в действительности мы получаем сниже-

ние производительности в 2.6–2.8 раза (соответственно для чисел с плавающей запятой и для целых чисел) относительно вычислений в одном контейнере (использованы данные из таблиц 3 и 7. В итоге можем сделать вывод о том, что разница в 10–20 % объясняется растущими накладными расходами на поддержание одновременно большего количества контейнеров. С учетом выводов касательно одновременной работы количества контейнеров, которое не превышает и превышает выделенное VM Docker число ядер, следует отметить, что для получения оптимального опыта использования технологии контейнеризации при проведении однопоточных ресурсоемких вычислений не следует использовать в одновременной работе больше контейнеров, чем выделено ядер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Oracle — What is a SaaS: website. — URL: <https://www.oracle.com/nl/applications/what-is-saas/> (accessed: 04.10.2023)
2. Dockerhub — gcc: website. — URL: [https://hub.docker.com/\\_/gcc](https://hub.docker.com/_/gcc) (accessed: 19.10.2023)
3. Dockerhub — docker-osx: website. — URL: <https://hub.docker.com/r/sickcodes/docker-osx> (accessed: 04.10.2023)
4. Stackoverflow — Floating point vs integer calculations on modern hardware: website — URL: <https://stackoverflow.com/a/2550851> (accessed: 19.10.2023)
5. Wikipedia — Streaming SIMD Extensions: website. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SSE> (accessed: 01.11.2023)
6. Wikipedia — Advanced Vector Extensions: website. — URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Vector\\_Extensions](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Vector_Extensions) (accessed: 01.11.2023)
7. Code Project — Crunching Numbers with AVX and AVX2: website. — URL: <https://www.codeproject.com/Articles/874396/Crunching-Numbers-with-AVX-and-AVX> (accessed: 01.11.2023)
8. Wikipedia — Arithmetic Logic Unit: website. — URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Arithmetic\\_logic\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Arithmetic_logic_unit) (accessed: 25.10.2023)
9. Wikipedia — Floating-point Unit: website. — URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Floating-point\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Floating-point_unit) (accessed: 25.10.2023)

© Лапин Игорь Александрович (igarjar.co@gmail.com); Сергеев Анатолий Васильевич (sergeev\_av@spbstu.ru);  
Хахина Анна Михайловна (anna-hahina@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПОДХОДЫ К СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КРЕАТИВНОСТИ РАБОТНИКА НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПСИХОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕСТОВ

**Машина Екатерина Алексеевна**

Преподаватель, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)  
mashina.katherina@niuitmo.ru

## APPROACHES TO THE COMPARATIVE ASSESSMENT OF EMPLOYEE CREATIVITY BASED ON AUTOMATED CLUSTERING OF PSYCHOMETRIC TEST RESULTS

**E. Mashina**

*Summary.* The article is devoted to the review of approaches to assessing the creativity of candidates, carried out in the implementation of recruitment procedures based on the concept of J. Guilford and E.P. Torrens, involving the use of psychometric methods to identify the level of divergence of personal thinking of the subject, manifested in the possibility of finding multiple solutions to the same elementary problem. The paper provides a summary of the main methods for determining creativity as an individual's ability associated with intellectual creative creativity, as well as a comparative description of the implementations of practical methods for identifying creativity and the grounds for graduating the levels of creativity of employees depending on their abilities and practical capabilities to perceive and disseminate innovations. As a demonstration of the capabilities of automated tools used in the behavior and processing of the results of psychometric studies of the creative qualities of the subjects, an example of a solution implemented by the author for clustering test results based on the application of the k-means algorithm is given. Based on the materials presented in the paper, conclusions are drawn about the applicability of the created methods for the practical assessment of the creative capabilities of candidates during recruitment procedures.

*Keywords:* recruitment, creative activity, diagnostics of creativity, divergence of thinking, clustering.

*Аннотация.* Статья посвящена обзору подходов к оценке креативности кандидатов, производящейся при осуществлении процедур рекрутмента, основанных на концепции Дж. Гилфорда и Э.П. Торренса, предполагающей использование психометрических методов выявления уровня дивергентности личностного мышления испытуемого, проявляющегося в возможности нахождения множества решений одной и той же элементарной задачи. В работе приводится краткое изложение основных методов определения креативности как способности личности, связанной с интеллектуальным созидательным творчеством, а также приводится сравнительное описание реализаций практических методов выявления креативности и оснований для проведения градации уровней креативности сотрудников в зависимости от их способностей и практических возможностей воспринимать и распространять инновации. В качестве демонстрации возможностей автоматизированного инструментария, используемого при поведении и обработке результатов психометрических исследований креативных качеств испытуемых, приведен пример реализованного автором решения для кластеризации результатов теста, основанного на применении алгоритма k-means. На основании приведенных в работе материалов делаются выводы о применимости созданных методов для практической оценки креативных возможностей кандидатов при проведении процедур рекрутмента.

*Ключевые слова:* рекрутмент, креативная деятельность, диагностика креативности, дивергентность мышления, кластеризация.

### Введение

Развитие современного производства и сервиса показывает, что возможность создания большого количества инноваций является одним из наиболее серьезных конкурентных преимуществ современной компании любого уровня [1, 2]. При этом несмотря на высокий уровень развития информационных технологий, все чаще ориентирующихся на использование методов и средств искусственного интеллекта, именно креативная деятельность человека оказывает определяющее влияние на создание новых продуктов и идей [3].

В этой связи успешность процедур поиска сотрудников, способных на создание и распространение инноваций, является одним из основополагающих факторов эффективного развития любого бизнеса [4], а определение персональных способностей работника к генерации новых идей и активному восприятию окружающих инноваций становится сегодня одной из основных процедур при подборе специалистов в компании, заинтересованные в инновационном развитии [5]. В этой связи отделы набора персонала, осуществляющие и координирующие подобную деятельность, проявляют растущую заинтересованность в создании средств обоснованного выбора подобных специалистов из общего числа кандидатов на вакансию [6].

Способность работника генерировать новые идеи может быть описана с точки зрения общей теории деятельности, представляющей собой систему согласованных теоретических и методологических подходов к исследованию психических личностных и социальных феноменов [7].

В [8] в зависимости от стационарности выполнения задач, неопределенности внешних условий и получаемого результата созидательная деятельность работника подразделяется на регулярную (осуществляемую по детерминированной технологии с получением известного результата), репликативную (приводящую к известному результату, но осуществляемую в условиях выбора известных технологий реагирования на изменчивость внешних условий) и креативную (осуществляемую по технологии, создаваемой в период осуществления деятельности в зависимости от внешних условий и получаемого результата).

Проблема выявления креативности работника, представляет собой сложную комплексную задачу оценки ориентированности его на творчество [9]. На сегодняшний день создано достаточно большое количество подходов к практической оценке потенциальных возможностей человека в области генерации новых идей [10]. При этом, характерной чертой подобных исследований являются существенные временные затраты не только на их проведение в период собеседований с соискателями вакансии, но и, особенно, на последующую обработку результатов тестирования, требующую привлечения высококвалифицированных специалистов-психологов, что существенно замедляет процесс поиска новых сотрудников и повышает затраты на его проведение [11].

Это, в свою очередь, является серьезным препятствием при применении подобных технологий рекрутмента небольшими инновационными предприятиями или стартапами, наиболее заинтересованными в поиске специалистов, готовых к генерации новых идей, и которым приходится обрабатывать сведения о нескольких сотнях кандидатов, претендующих на каждую вакансию [12]. При этом, разработанное на сегодняшний день большое количество разнообразных методов оценки креативности личности требует детального рассмотрения их особенностей на предмет применимости к решению практических задач рекрутмента.

В связи с этим целью настоящей работы является проведение обзора возможных подходов к решению задачи выбора наиболее креативного кандидата на вакансию, для последующего создания на их основе автоматизированных средств интеллектуальной поддержки процедур рекрутинга инновационного предприятия.

## Креативность работника как объект выявления и оценки

В общем случае креативность работника представляет собой интегральную характеристику личности, проявляющуюся через взаимодействие способностей человека, его конкретной деятельности и его социального окружения [13, 14]. Причем в роли ведущего критерия при оценке креативности признается гибкость и оригинальность мышления, выражающиеся в способностях критического взгляда на ситуацию и перекомбинирования существующих элементов решения в новые конфигурации [10].

Впервые понятие креативности ввел в научный обиход Д. Симпсон в 1922, определив ее как качество личности, выражающееся в способности человека преодолевать стереотипные способы мышления [15]. В дальнейшем понятие креативности личности и ее влияние на человеческую деятельность было подробно рассмотрено в работах К. Роджерса [16], А. Маслоу [17] и целого ряда других исследователей. Вместе с этим на основе результатов теоретических исследований феномена креативности начали создаваться практические методы диагностирования креативности как объективно существующего параметра личности.

Существующие сегодня подходы к выявлению креативности личности могут быть подразделены на три основных категории [18]:

- психометрические подходы к определению свойств личности, влияющих на креативность, построенные на выполнении испытуемым наборов унифицированных заданий, результаты которых позволяют тем или иным образом трактовать ряд личностных качеств, оказывающих влияние на креативность,
- подходы, основанные на рассмотрении испытуемыми проблемных ситуаций, результаты которых позволяют осуществить интегральную креативно-поведенческую оценку работника; однако, применимость подобных подходов чрезвычайно ограничена условиями предлагаемых к решению задач [19], в связи с чем основанные на подобном подходе методы диагностики креативности используются, по большей части, для оценки возможностей работника при решении задач узкого назначения (например, при действиях в чрезвычайных ситуациях),
- подходы, основанные на социально-личностном анализе созидательного творчества, предполагающие изучение креативности как системного свойства личности, основанные на исследовании процессов ее формирования, и используемые, большей частью, для оценки креативных возможностей работников творческих направлений

художественной и гуманитарной сферы и плохо применимые к оценке научно-технической креативности [20].

Одной из первых работоспособных методик практической психометрической оценки креативных возможностей личности, активно используемой для оценки инновационного потенциала работника, стала методика, основанная на концепции креативности Дж. Гилфорда, предложившего при оценке креативности учитывать уровень дивергентности мышления испытуемого, выявляющийся в возможности нахождения множества решений одной и той же элементарной задачи (в противовес конвергентному мышлению, направленному на поиск единственного верного решения) [21, 22].

На основании серии систематических исследований Гилфорд выделил основные параметры личности, определяющие ее креативность, в число которых вошли: способность к выявлению и формулировке проблем, способность к производству большого количества разнообразных идей, способность предлагать неочевидные решения, способность находить пути улучшения широко известных объектов, способность к проведению анализа и синтеза. При этом уровень общего интеллекта не включается в общую структуру креативности. Для фиксации указанных свойств личности Гилфордом был разработан набор из 14 тестов, направленных, большей частью, на выявление дивергентных качеств, 10 из которых фиксируют вербальную креативность, а 4 — невербальную.

Существенный вклад в повышение валидности диагностирования креативности на основе дивергентных качеств внес Э. Торренс [23], который расширил понятие креативности способностью четко воспринимать недостатки и недостающие части общей картины, подкрепленной умением формулировать, проверять и модифицировать гипотезы для нахождения конечного результата. В состав базового набора тестов Торренса входит 12 испытаний, сгруппированных в три раздела: вербальный, изобразительный и звуковой, призванные определить особенности словесного, изобразительного и словесно-звукового креативного мышления.

Впоследствии лежавшие в основе этих работ теоретические положения и допущения получили название концепции креативности Дж. Гилфорда и Э.П. Торренса.

Еще одним существенным шагом в совершенствовании психометрических методов определения креативности стали исследования М. Воллаха и Н. Когана [24], которые показали взаимосвязь креативных способностей работника и его общего уровня интеллекта (измеряемого в том числе с использованием методик Г. Айзенка [25], Д.Векслера и Р. Артмауэра [26]), а также предположи-

ли включение игровых элементов в общую процедуру тестирования для моделирования непринужденной атмосферы творчества. Все последующие годы методики психометрического определения уровня креативных возможностей сотрудников адаптировались и дополнялись в том числе отечественными учеными В. Дружининым [20], Е. Ильиным [27] и другими исследователями, что создало серьезную российскую научно-теоретическую базу для создания практических методов определения креативности.

Несмотря на большое количество негативных мнений относительно применимости тех или иных конкретных процедур психометрических методов оценки креативности [28, 29], они продемонстрировали свою работоспособность, и на протяжении уже нескольких десятилетий успешно применяются в практике hr-подразделений компаний при проведении оценки креативного потенциала кандидатов на вакансии [30, 31].

#### **Автоматизация обработки результатов психометрических методов оценки креативности с использованием методов кластеризации**

Несмотря на простоту содержания заданий, выполняемых испытуемыми в период проведения психометрического тестирования креативности, итоговая обработка результатов исследований, проводимая с целью получения адекватного результата, представляет собой достаточно трудоемкий процесс, требующий привлечения специально подготовленных специалистов [32], что приводит к серьезному росту затрат при проведении профессионального анализа результатов испытаний кандидатов на вакансию, или гарантирует получение недостоверного результата при неквалифицированной обработке. Поэтому актуальной является задача создания методов автоматизированной обработки результатов полученных результатов тестирования.

В связи с тем, что построение всех психометрических методов оценки способностей личности строится на большом количестве допущений, то при оценке получаемых результатов в большинстве случаев практического рекрутмента следует говорить не о получении абсолютной метрики конкретного человека, а лишь о его попадании в группу лиц, обладающих подобными характеристиками.

Так как дальнейшая коллективная инновация будет являться конкретной реализацией креативной деятельности [33], при оценке возможностей сотрудника следует учитывать и то, что реальная креативная способность работника генерировать инновации неразрывно связана с его возможностями распространять результаты своей креативной деятельности на непосредственное рабочее окружение. Поэтому подход к кластеризации

результатов психометрического тестирования креативных возможностей работников выражающаяся в их умении создавать, извлекать, преобразовывать и практически использовать для производства инноваций вновь появившуюся информацию [34] возможно строить на основе результатов многофакторных оценок способностей сотрудников предприятий различных профилей деятельности воспринимать инновации и генерировать собственные новые поведенческие сценарии, проведенных Э. Роджерсом, которому удалось выделить пять достаточно устойчивых групп работников по их креативным способностям и общему отношению к инновациям [35]:

- активные инноваторы (2.5 %), первыми узнающие о возможности новых подходов из внешних источников, готовые к их креативному переосмыслению, использованию и генерации новых идей, а также понимающие и принимающие все риски с этим связанные,
- ранние последователи (13.5 %), представляющие собой лидеров мнений рассматриваемых коллективов, готовые к креативной генерации идей, развивающих инновации и снижающие своими субъективными оценками уровень неопределенности относительно использования новинок в глазах остальной части коллектива,
- раннее большинство (34,0 %), представляющее наиболее значимую для дальнейшего развития инноваций группу работников, развивающих прикладное использование вновь генерируемых идей или создаваемых продуктов, а также активно детализирующих новые идеи и продвигающих их другим коллегам,
- позднее большинство (34,0 %), представляющее «консервативное» сообщество, не расположенное в креативной деятельности, скептически относится к любым изменениям, но готовое принять их под давлением коллектива,
- так называемые «копуши» (16,0 %), представляющие собой людей не склонных к креативной деятельности и особо невосприимчивых к инновациям, которые в связи с ограниченностью своих информационных и социальных связей, последними воспринимают в качестве повседневных практик новые идеи.

Так как указанное соотношение оказывается очень устойчивым в большинстве трудовых коллективов [36], представленную типизацию возможно использовать в качестве основы сравнительной шкалы при определении креативности [37].

Используем это разбиение на группы при построении процесса автоматизации обработки психометрических данных для определения креативности при создании пайплайна кластеризации на основе алгоритма k-means [38], позволяющего обеспечить кластеризацию данных на основе меры близости Евклидово расстояние, определяемой по формуле,

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} (x - \mu_i)^2,$$

где  $k$  — число кластеров,  $S_i$  — полученные кластеры,  $i = 1, 2, \dots, k$ , а  $\mu$  — центры масс всех векторов  $x$  из кластера  $S_i$ .

Схема предлагаемого процесса обработки результатов тестирования, содержащего описанную обработку данных представлен на рис. 1.

Эффективность использования предложенного метода автоматизированной кластеризации результатов психометрических тестов, направленных на фиксацию степени дивергентного мышления, была проверена с использованием ранее проведенных исследований креативных возможностей студентов при помощи теста на необычное применение объектов, который представляет собой способ вербальной диагностики способностей, в котором испытуемым предлагается в разных вариантах рассмотреть и предложить альтернативное использование ряда предметов и объяснить свое предложение.

Подобное определение креативности через процедуру описания способов необычного использования предметов на сегодняшний день является одним из наиболее часто используемых практических механизмов, применяемых для измерения дивергентного мышления, представляющего собой основу креативности людей,

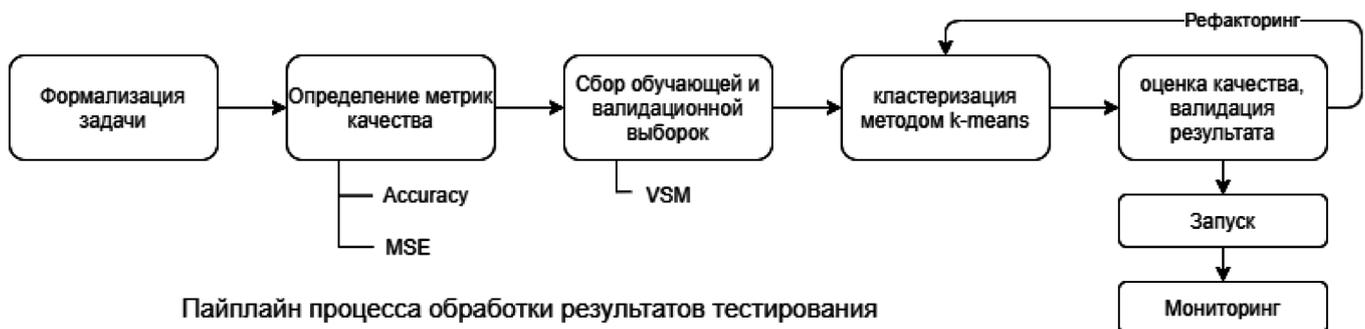


Рис. 1.Схема предлагаемого процесса обработки результатов тестирования

принадлежащих к различным возрастным группам. Подтверждение этому можно найти в большом количестве отечественных и зарубежных исследований [39], [14].

В рамках описываемого исследования, проведенного по модифицированной методике выявления дивергентности мышления, основанной на описании возможностей необычного использования предметов, тестированию было подвергнуто 1032 студента технических специальностей университетов Санкт-Петербурга. Вся исследуемая выборка ранее полученных была случайным образом разделена на две части. В первую часть вошли 300 результатов тестов, обработанных специалистами, имеющими существенный опыт трактовки и представления результатов подобных тестов. После чего результат был кластеризован на пять групп, согласно подходу [35]. Следующим шагом на выборке обработанных специалистами результатов было произведено обучение описанного выше алгоритма обработки результатов тестирования. После чего оставшаяся не обработанная специалистами часть результатов тестирования (732 результата тестов) была оценена и кластеризована с использованием автоматического метода.

При этом процесс преобразования текстовых результатов теста был основан на использовании векторных представлений текстов (Vector Space Model, VSM) [40], позволяющих выразить анализируемые тексты через наборы векторов, соответствующих словам, их формирующим:

$$d_j = (w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{nj}),$$

где  $d_j$  — векторное представление  $j$ -го документа,  $w_{ij}$  — вес  $i$ -го слова в  $j$ -м документе,  $n$  — количество различных слов во всех документах коллекции.

В рассматриваемом случае для генерации VSM-представления применялась «one-hot»-кодировка [41],

представляющая собой преобразование каждого слова входящего в текст документа с помощью вектора размерности, равной объему словаря коллекции, применяемой в качестве обучающей выборки. При таком описании подобный вектор состоит из одной единицы, соответствующей положению слова в словаре, и остальных нулей. Хотя получающееся при этом сильно разреженное представление неэффективно по памяти и не позволяет сравнивать слова на предмет семантической близости, однако, оно дает возможность эффективно представлять шаблонно и понятийно ограниченные текстовые результаты вербальных тестов, в которых наблюдаются значительные отклонения от частотности применяемых слов, характерных для естественного языка.

Для повышения устойчивости получаемого результата кластеризации (в условиях серьезно различающихся по количеству элементов каждого кластера [35] в предлагаемом процессе для оценки качества проводимой кластеризации использовались две метрики: accuracy и MSE [42], представляющие собой среднюю сумму квадратичной разности между фактическим и спрогнозированным значением.

#### Обсуждение и выводы

Результаты кластеризации, полученные при обработке данных продемонстрированы на рис. 2, на котором для указанных пяти групп приведены результаты исследований, обработанные «вручную» специалистами по модифицированной методике выявления (кривая 1) и обработанные при помощи обученной модели кластеризации (кривая 2).

Приведенный результат демонстрирует хорошее качество кластеризации, проводимой предложенным автоматизированным методом, поэтому созданный алгоритм автоматизированной обработки результатов тестирования креативных возможностей кандидатов

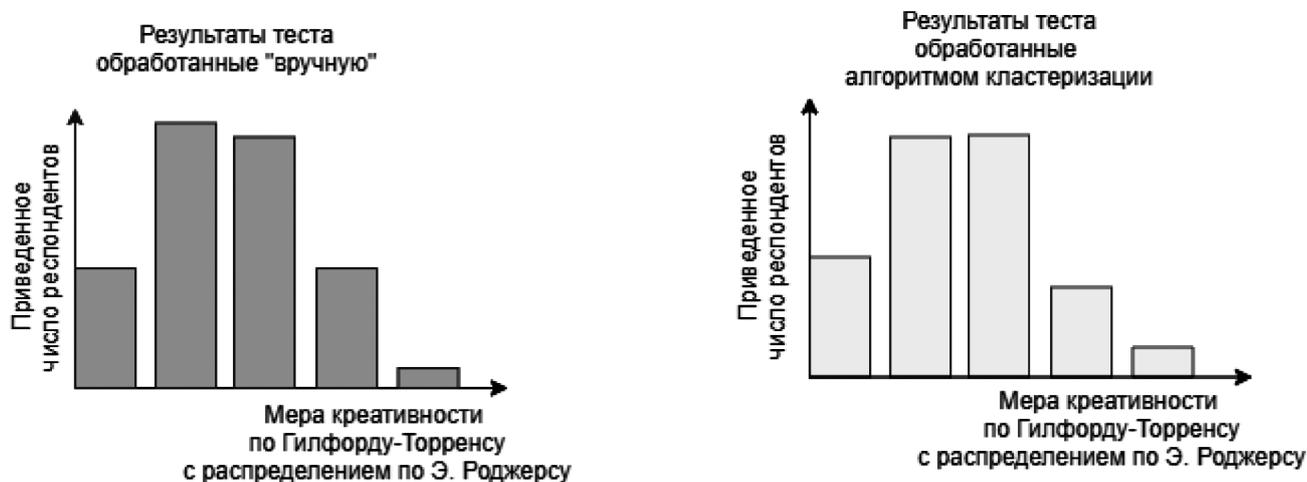


Рис. 2. Результаты обработки теста

на вакансию будет применен в создаваемом программном комплексе, предназначенном для поддержки принятия решений при осуществлении процедур рекрутмента, применение которого позволит существенно упростить процедуру обработки результатов тестирования, проводящегося при оценке соискателей вакансии.

В целом на основании результатов приведенных в настоящей работ можно сделать ряд выводов, существенных для продолжения работ по созданию автоматизированных решений, предназначенных для объективной автоматизированной оценки сотрудников компаний при их приеме на работу:

- способности работника к креативной деятельности могут быть выявлены методами психометри-

ческого тестирования и определены способами, применяемыми для выявления дивергентного мышления, создаваемыми на основании концепции креативности Дж. Гилфорда и Э.П. Торренса, — в качестве практического измерительного метода может быть применена вербальная методика выявления дивергентного мышления, основанная на описаниях необычного использования предметов, хорошо проявившая себя в подобных измерениях для лиц различных возрастных групп, — процесс обработки полученных в результате тестирования результатов может быть проведен с учетом автоматизированной процедуры кластеризации результатов по группам при помощи методики, описанной в настоящей работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Chadee D., Roxas B. Institutional environment, innovation capacity, and firm performance in Russia // *Critical Perspectives on International Business*. 2013. Vol. 9, no. 1–2. P. 19–39.
2. Gong Y., Zhou J., Chang S. Core knowledge employee creativity and firm performance: The moderating role of riskiness orientation, firm size, and realized absorptive capacity // *Personnel Psychology*. 2013. Vol. 66, no. 2. P. 443–482.
3. Zhdankin N.A., Suanov V.M., Sharipov B.K. Innovations and Motivation of Personnel as the Main Drivers of Development of Industrial Enterprises. Institute of Scientific Communications Conference. Springer, Cham. 2019, pp. 125–133.
4. Волков А.Т., Дегтярева В.В., Устинов В.С. Особенности инновационного предпринимательства в условиях развития национальной технологической инициативы // *Инновации* №11 (229), 2017, с. 54–59.
5. Запорожец А.С. Инновационные предприятия и их особенности с позиций экономической науки // *Инновации и инвестиции*, №10, 2020, с. 3–6.
6. Коркина Т.А., Зотова Е.Н. Зарубежный и отечественный опыт подбора персонала // *Общество, экономика, управление*. 2021. Том 6, № 4. 58–63. DOI 10.47475/2618-9852-2021-16408.
7. Щедровицкий Г.П. Исходные представления и категориальные средства теории деятельности // Щедровицкий Г.П. Избранные труды. — М.: «Шк. культ. пол.», 1995, С. 233.
8. Белов М.В., Новиков Д.А. Методология комплексной деятельности. М.: Ленанд, 2018. — 320 с.
9. Еремина Л.И. Развитие креативности личности: психологический аспект // *Общество: социология, психология, педагогика*. 2014, № 1. С. 42–47.
10. Барышева Т.А. Креативность. Диагностика и развитие. Монография / Т.А. Барышева; Рос. гос. ун-т им. А.И. Герцена.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена 2002. 205 с.
11. Р. Дж. Стернберг, Дж. Б. Форсайт, Дж. Хедланд и др. Практический интеллект — СПб.: Питер, 2002. — 272 с.
12. Amabile T.M., Pratt M.G. The dynamic componential model of creativity and innovation in organizations: Making progress, making meaning. *Research in Organizational Behavior*, 2016, Vol. 36, pp. 157–183.
13. Дорфман Л.Я. Уровни и типы креативности: анализ современных психологических концепций // *Психологический журнал*. — 2015. — Т. 36. — № 1. — С. 81–90.
14. Plucker J.A., Makel M.C., Qian M. Assessment of Creativity. J. Kaufman, R. Sternberg (Eds.). *Cambridge Handbook of Creativity*. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — P. 44–68.
15. Ахмерова А.Ф. Креативность как основная характеристика творческой личности // *Вестник Университета Российской академии образования* №3, 2015 С. 7–11.
16. Роджерс К.Р. Взгляд на психотерапию. Становление человека. М., 1994. 480 с.
17. Маслоу А.Г. Дальние пределы человеческой психики / пер. с англ. А.М. Татлыбаевой. СПб., 1999. 432 с.
18. А. И. Савенков. Основные подходы к диагностике креативности // *Наука и школа*, 2014, №4, с. 117–127.
19. Матюшкин, А.М. Концепция творческой одаренности / А.М. Матюшкин // *Вопр. психологии*. — 1989. — № 6. — С. 29–33.
20. Дружинин, В.Н. Психология общих способностей [Текст] / В.Н. Дружинин. — СПб: Питер, 2007. — 368 с.
21. Guilford, J. P. *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill, 1967. 538.
22. Гилфорд Дж. Три стороны интеллекта / В сб. пер.: Психология мышления. Под ред. А.М. Матюшкина. — М., 1965. — С. 433–456
23. Torrance E.P. Predictive Validity of the Torrance Tests of Creative Thinking // *Journal of Creative Behavior*, 1972, 6(4), 236–252.
24. Wallach, M.A., & Kogan, N. (1965). A new look at the creativity-intelligence distinction. *Journal of Personality*, 33(3), 348–369.
25. Айзенк Г. Новые IQ тесты. — М.: ЭКСМО, 2003. — 192 с.
26. Кинякина О.Н. Мозг на 100%. Интеллект. Память. Креатив. Интуиция — М.: Эксмо, 2014, — 808 с.

27. Ильин Е.П. Психология творчества, креативности, одаренности. — СПб: Питер, 2012 —434 с.
28. Боно, Э. де. Латеральное мышление [Текст] / Э. де Боно. — СПб., 1997.
29. Богоявленская, Д.Б. Исследование творчества и одаренности в традициях процессуально-деятельностной парадигмы [Текст] / Д.Б. Богоявленская // Современные концепции одаренности и творчества / под ред. Д. Б. Богоявленской. — М., 1997.
30. McKay A.S., Karwowski M., Kaufman J.C. Measuring the muses: Validating the Kaufman Domains of Creativity Scale (K-DOCS) // Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts. — 2017. — Vol. 11(2). — P. 216–230
31. Plucker J.A., Esping A., Kaufman J.C., Avitia M.J. Creativity and intelligence. S. Goldstein, D. Princiotta, J.A. Naglieri (Eds.). Handbook of intelligence: Evolutionary theory, historical perspective, and current concepts. — New York: Springer, 2015. — P. 283–291.
32. Батурин Н.А., Вучечич Е.В. Костромина С.Н. и др. Российский стандарт тестирования персонала // Организационная психология. 2015. Т. 5. № 2. С. 67–138.
33. Hear, J., 1989. The Management of Innovation and Design, Cassell, London, 193 p.
34. Mahajan V., Muller E., Bass F.M. New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research // Diffusion of Technologies and Social Behavior, 1991. — doi: 10.1007/978-3-662-02700-4.
35. Rogers E.M. Diffusion of innovations. / 4th Edition. — New York: Simon and Schuster, 2010. — 518 p.
36. Rogers E.M., Shoemaker F.F. Communication of Innovations; A Cross-Cultural Approach. — New-York: Simon and Schuster, 1971.
37. Hurt H.T., Joseph K., Cook C.D. Scales for the Measurement of Innovativeness // Human Communication Research, 1977. — №1.
38. Jin, X., Han, J. (2011). K-Means Clustering. In: Sammut, C., Webb, G.I. (eds) Encyclopedia of Machine Learning. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8\\_425](https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8_425).
39. Щебланова Е.И. Исследовательские методологии и методы изучения креативности в отечественной психологии // Теоретическая и экспериментальная психология. — 2018. — Т. 11. — № 4. — С. 39–53.
40. Salton G., Wong A., Yang C. (1975), Vector space model for automatic indexing, ACM, vol.18, №.11, pp. 613–620.
41. Лыченко Н.М., Сороковая А.В. Сравнение эффективности методов векторного представления слов для определения тональности текстов// Математические структуры и моделирование 2019. № 4(52). С. 97–110.
42. Maayas, K., & Aboulnasr, T. (1997). Leaky LMS algorithm: MSE analysis for Gaussian data. In IEEE Transactions on Signal Processing (Vol. 45, Issue 4, pp. 927–934). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/78.564181>.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ

## DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR AUTOMATION OF CONSTRUCTION CONTROL OF OBJECTS

**A. Rada  
A. Akulov  
A. Timofeev**

*Summary.* Digital technologies have great potential in improving the quality, accuracy, and reducing the cost of construction control. The purpose of the study is to develop applied software product for automating the monitoring and construction control of objects based on spatial data, taking into account the specifics of performing work under state and municipal contracts. It received the name «Management system for monitoring construction work at facilities that have passed the state examination». Two-tier «client-server» architecture was used, including two server modules and a single-page client application. The structure of the database is presented, taking into account the specifics of the information that is necessary for monitoring and construction control of objects. The interface and functionality of the program is demonstrated. In particular, along with traditional functions (tracking work on objects, viewing photos, videos, downloading and viewing documents), it is possible to build a dense point cloud based on laser scanning. As a result, a three-dimensional model of the object is formed with the possibility of accurate measurements for the purposes of construction control. The program corresponds to the fifth level of technology readiness. In the future, it is planned to use it in managing the construction of facilities under state and municipal contracts.

*Keywords:* digital technologies, building control, software, 3D building models, technology readiness level.

**Рада Артем Олегович**

Кандидат экономических наук,  
Кемеровский государственный университет  
rada.ao@kemsu.ru

**Акулов Анатолий Олегович**

Кандидат экономических наук, доцент, доцент,  
Кемеровский государственный университет  
akuanatolij@yandex.ru

**Тимофеев Антон Евгеньевич**

Кандидат технических наук,  
Кемеровский государственный университет  
a.timofeev@i-digit.ru

*Аннотация.* Цифровые технологии имеют большой потенциал в повышении качества, точности, снижении стоимости строительного контроля. Цель исследования — разработка прикладного программного продукта для автоматизации мониторинга и строительного контроля объектов на основе пространственных данных, учитывающего особенности выполнения работ по государственным и муниципальным контрактам. Он получил название «Система управления мониторингом строительных работ на объектах, прошедших государственную экспертизу». Использована двухуровневая архитектура «клиент-сервер», включающая два серверных модуля и одностраничное клиентское приложение. Представлена структура базы данных, учитывающая специфику информации, которая необходима для мониторинга и строительного контроля объектов. Демонстрируется интерфейс и функциональные возможности программы. В частности, вместе с традиционными функциями (отслеживание работ по объектам, просмотр фотографий, видеозаписей, загрузка и просмотр документов) есть возможность построения плотного облака точек на основе лазерного сканирования. В результате формируется трехмерная модель объекта с возможностью точных измерений для целей строительного контроля. Программа соответствует пятому уровню готовности технологий. В перспективе планируется ее использование при управлении строительством объектов по государственным и муниципальным контрактам.

*Ключевые слова:* цифровые технологии, строительный контроль, программное обеспечение, трехмерные модели, уровень готовности технологий.

### Введение. Обзор литературы и известных подходов

Строительство является важнейшим видом экономической деятельности в современных условиях, оно способствует восстановлению макроэкономических показателей, стабилизации положения дел в смежных отраслях. Согласно оперативным данным Федеральной службы государственной статистики РФ, за январь-май 2023 г. объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» превысил аналогичный

показатель предыдущего года на 8,9%<sup>1</sup>. В Кемеровской области — Кузбассе данный индикатор также стабильно растет. Это обусловлено, в том числе, вводом знаковых не только для региона, но и для страны объектов. Среди них — самый большой в Западной Сибири спортивно-развлекательный комплекс «Кузбасс-Арена», Кемеровское президентское кадетское училище, кампус

<sup>1</sup> Социально-экономическое положение России. Январь-май 2023 года. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-05-2023.pdf> (дата обращения 10.07.2023).

Сибирской высшей школы музыкального и театрального искусства, 8-ой кассационный суд, объекты культурного кластера и др.

Перспективы развития строительного контроля в данной ситуации связаны с широким использованием цифровых технологий, которые предоставляют возможность значительной экономии времени и средств на работу с информацией, а также исключают зависимость от «человеческого фактора». Цифровые технологии уже нашли самое широкое применение при решении таких разных научных и производственных задач, как оценка состояния сельскохозяйственных угодий в рамках точного земледелия [1], принятие решений в горном деле на основе цифровых двойников шахт [2], мониторинг объектов инфраструктуры [3], выявление правонарушений при использовании недвижимого имущества [4], учет охотничьих животных [5], обеспечение общественной безопасности [6] и др.

Известны публикации по созданию цифровых двойников зданий, технологиям информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) [7–10]. В рамках модели BIM накапливается информация о геометрических размерах, конфигурации, состоянии элементов объекта строительства. На основе данной модели могут приниматься оперативные и более качественные решения, способствующие соблюдению проектной документации, эффективному использованию ресурсов [11–13], а также повышению безопасности на строительной площадке [14]. При получении необходимой для BIM-модели информации используются фотограмметрия и лазерное сканирование [15–17], в том числе с использованием беспилотных воздушных судов [18–20]. Лазерное сканирование позволяет получить плотное облако точек, по которому затем строится 3D-модель объекта строительства [21–24]. Эта модель и выступает цифровым двойником, в соответствии с которым анализируется информация по объекту строительства, принимаются управленческие решения. Наряду с BIM-моделью и лазерным сканированием, обсуждаются новые цифровые решения для управления строительством, в частности, виртуальная и дополненная реальность [25], искусственный интеллект [26], блокчейн [27], машинное обучение [28] и др.

Представленное на рынке программное обеспечение [29–36] также ограничено в возможностях ведения строительного контроля в соответствии с существующей нормативной базой. Авторами выполнялся анализ программных продуктов, присутствующих на российском рынке, чтобы оценить возможности их использования для целей строительного контроля при возведении объектов. Были рассмотрены такие программы, как «SODIS Building M», «Ехон», «MStroy», «SIGNAL», «Мобильные решения для строительства», «Платформа строительных

сервисов», «Техзор», «Стройбот», «Pilot-BIM». Качественный анализ показал, что существующие программные продукты ориентированы на автоматизацию проектного управления и ведение технической документации при взаимодействии подрядчиков и заказчиков. В ряде программ есть опции по созданию замечаний, учета их устранения, планированию выхода сотрудников для непосредственного проведения замеров, отбора проб. Однако практически отсутствуют программные продукты, способные автоматизировать строительный контроль в соответствии с нормативными требованиями путем дистанционной оценки качества работ на основе физических измерений с высокой точностью. Соответствующие работы пользователи по-прежнему вынуждены выполнять вручную.

Гипотеза исследования состояла в разработке программного продукта для автоматизации строительства, позволяющего вести комплексный мониторинг и контроль объектов, значительно ускорит и удешевит решение задач оценки качества строительных работ, снизит зависимость от квалификации и мотивации исполнителей. Цель исследования — разработка специализированного программного продукта для автоматизации мониторинга и строительного контроля объектов на основе пространственных данных.

#### Материалы и методы исследования

Для разработки программного продукта была использована традиционная методология двухуровневой архитектуры «клиент-сервер». Соответствующая архитектура наглядно представлена на рисунке 1. Клиентской частью является веб-приложение (интерфейс пользователя), с помощью которого можно выполнять конкретные действия и просматривать данные по объектам строительства. Оно реализовано как одностороннее приложение (Single Page Application, SPA), основные элементы интерфейса которого загружаются при первом запуске. При перемещении между разделами системы добавляется только информация об объектах строительства и относящиеся к ним файлы. Это позволяет ускорить процесс загрузки данных с учетом большого объема информации в системе (до 2 терабайт). Серверная часть включает два модуля. Первый — это сервис для хранения и обработки данных (добавления файлов в систему, создания плотных облаков точек и т.д.).

Второй модуль представляет собой REST API сервис, который обеспечивает взаимодействие веб-приложения с сервером, в частности, предоставляет пользователям доступ к информации, хранящейся на нем, в зависимости от прав, установленных администратором. Разработанный программный продукт в соответствии с требованиями заказчика получил название «Система управления мониторингом строительных работ на объектах, про-

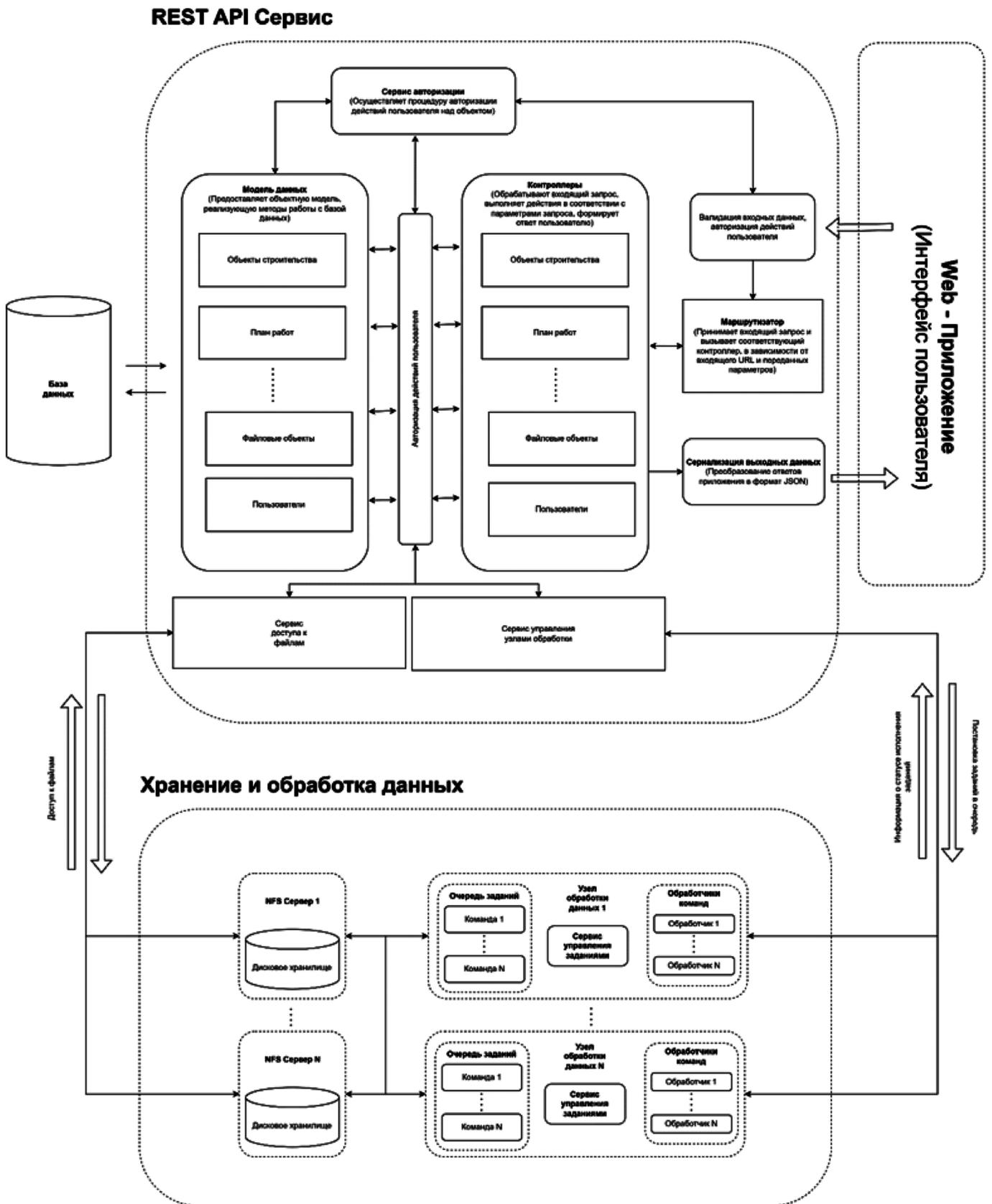


Рис. 1. Архитектура программного продукта для автоматизации строительного контроля и мониторинга объектов

шедших государственную экспертизу» (СУМСР). Необходимо было, с одной стороны, создать комплексный продукт, позволяющий осуществлять не только строительный контроль, но и другие операции; с другой стороны — ориентировать его на специфику крупных строительных объектов, возводимых в Кемеровской области — Кузбассе.

### Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе создания программного продукта была разработана схема базы данных, используемой для хранения информации по строительным объектам и ее обработки. Для этого представлена следующая классификация данных, которые должны храниться и обрабатываться в программе (таблица 1).

Таблица 1.

Структура данных, используемых для мониторинга работ

| Текстовые данные   | Медиа файлы             | Модели объекта строительства  |
|--|-------------------------|---|
| Характеристика объектов, данные о пользователях программы, справочники (классификаторы), планы-графики работ | Фотографии, видеозаписи | 2D модели (ортофотопланы, топографические данные), 3D модели (облака точек. BIM-модели) |

Вид данных определяет то, в каких форматах в программу поступает информация, каким образом она обрабатывается и далее отображается в интерфейсе. С учетом состава этой информации была разработана структура базы данных и проведена ее нормализация (рисунок 2). В форме «Пользователь» находятся значимые сведения о пользователях программы, в таблице «Роль» описывается уровень доступа. При их связывании генерируется форма, определяющая права каждого из пользователей в системе и список разрешенных для них действий (форма «Права доступа»). Форма «Типы объектов» представляет собой справочник элементов системы, в соответствии с которыми пользователь может совершать те или иные действия согласно своим правам доступа. Элемент «административно-территориальное деление» определяет возможность действий пользователя с объектами только в пределах одного определенного муниципального образования. Эта форма содержит текстовое описание основных характеристик объекта строительства (выводится в отдельной карточке). Пользователь с определенной ролью имеет доступ к конкретным объектам строительства. К каждому объекту строительства прикрепляются медиа файлы и 2D-, 3D-модели. Информация о них содержится в форме «Файловый объект». «Файловый объект — Обработка» формируется при обработке данных и связывает данные при запуске «Обработка файлов». Эта форма также содержит информацию о виде проведенной обработки, затраченном на нее времени, статусе завершения обработки.

Форма «Карта 2D» (рисунок 2) связывает с объектом строительства совокупность слоев (двумерных моделей) из формы «Слой 2D». Этими слоями могут быть ортофотоплан, топографические горизонталы, цифровая модель рельефа местности, цифровая модель поверхности и др. В форме «Стиль» находятся данные по формату отображения каждого конкретного слоя. Форма «План-график» отражает временные рамки выполнения работ по объекту, содержит план-график работ, информацию о степени готовности, виды и описания всех необходимых работ.

Поскольку в строительстве сроки выполнения работ могут сдвигаться, в том числе по совершенно объективным причинам, в базе данных была предусмотрена форма «Отметки», где фиксируются изменения графиков с их атрибутами (кто внес изменение, как сдвинулись сроки). Сводные формы представляют собой справочники по видам работ и по используемым в программе единицам измерения, соответственно. Далее разрабатывался дизайн, интерфейс программы СУМСР. В частности, предусмотрена темная и светлая темы, а также возможность просмотра данных на различных устройствах с разными размерами экранов — 4k, 3340×1440 (UltraWide WQHD), 2k.

Для начала пользования программой необходимо внести в нее первичные сведения об объектах («Создать объект»). Первоначально заполняются такие данные, как наименование объекта, срок сдачи, адрес, кадастровый номер, координаты, тип объекта, источник финансирования, заказчик, подрядчик. По мере начала строительства в программе формируется план-график по видам работ, реализуется возможность видеонаблюдения за объектом, вносятся фотографии, видеозаписи, документация. По каждому объекту создается плотное облако точек (результат лазерного сканирования), а затем — трехмерная BIM-модель. Можно просматривать информацию (рисунок 3) по каждому объекту строительства, добавлять новые объекты, выполнять их поиск, сортировку, фильтрацию по ряду параметров.

При переходе на вкладку «Документация» реализована возможность просмотра, сортировки и скачивания документов на устройство, на «Медиа» — возможность просмотра фотографий и видеозаписей за выбранный отчетный период. Форма «Виды работ» выводит информацию о всех работах по проекту и степень их выполнения на указанный момент времени. Работы визуализируются с использованием диаграмм Ганта с возможностью детализации по дням и месяцам. Вкладка «Карта» представляет 2-мерные и 3-мерные модели объектов строительства с привязкой к местности и геодезическим координатам. Предусмотрены инструменты для навигации, измерения расстояний, площадей, определения координат точек в пространстве. Их можно отсортировать по датам и файлам.

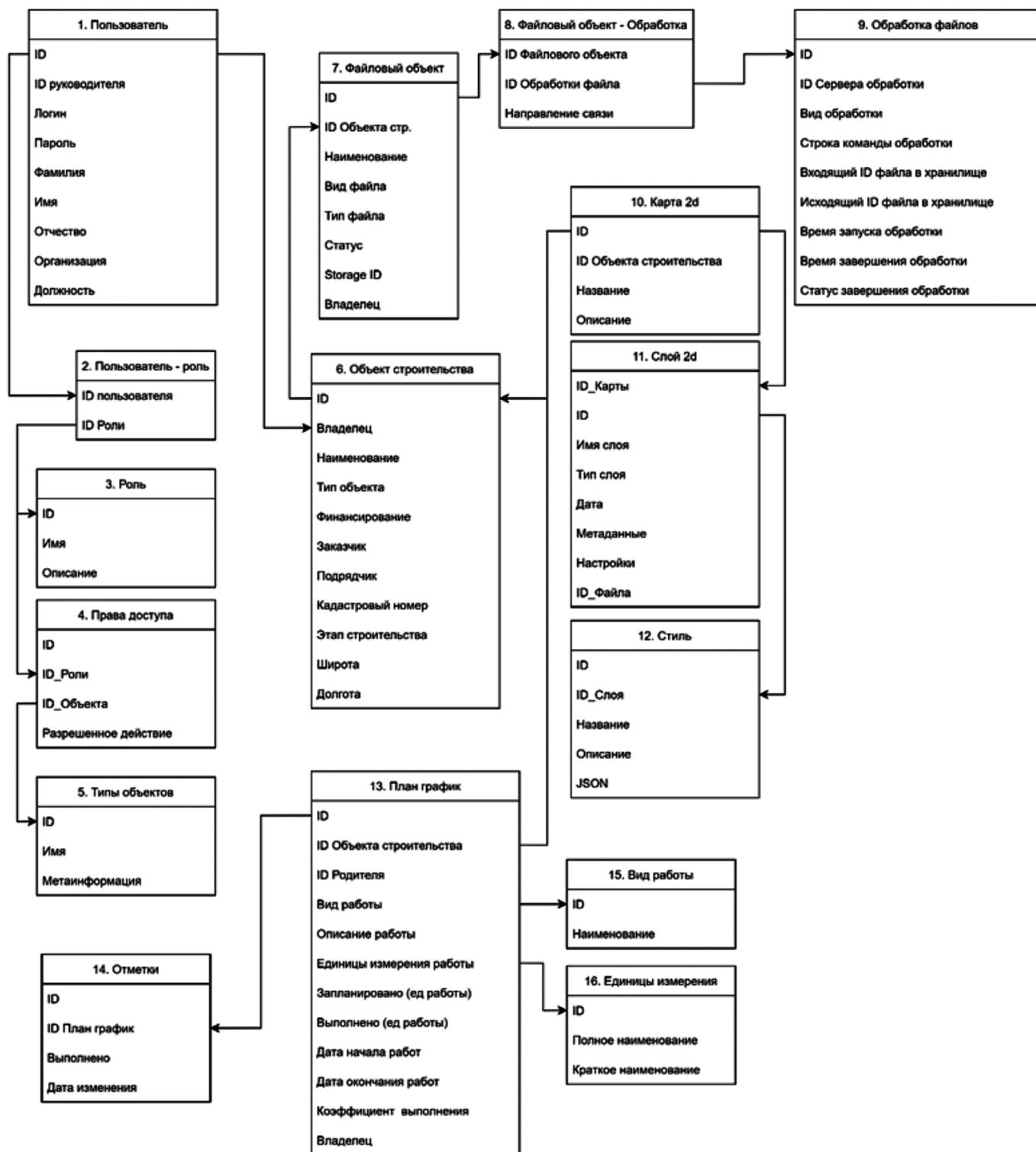


Рис. 2. Схема базы данных программы СУМСП

Данная модель (рисунок 4) формируется на основе плотного облака точек, полученного по результатам лазерного сканирования. Она дает возможность автоматизировать измерения геометрических параметров объекта в целях строительного контроля. Доступна возможность редактирования объектов («Редактировать»). На данной странице возможно добавлять и удалять файлы, связанные с объек-

том, а также редактировать общую информацию по нему, изменять виды работ и др. В форме «Профили доступа» реализована возможность добавлять, редактировать, удалять пользователей, а также их права доступа (на просмотр, создание, редактирование, удаление элементов). Во вкладке «Справочники» можно добавлять и редактировать перечни полей для дальнейшего использования.

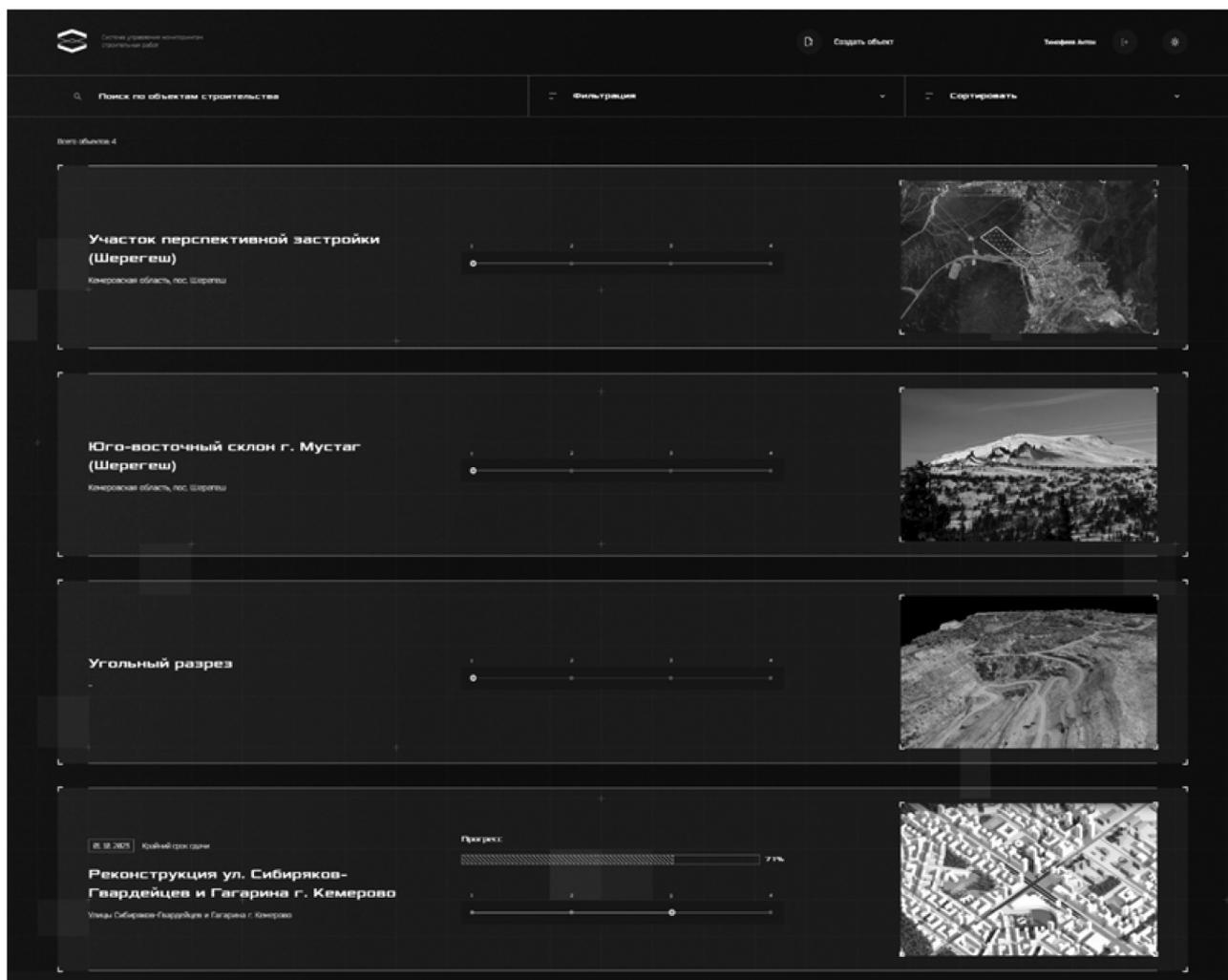


Рис. 3. Список объектов строительства, представленный в программе

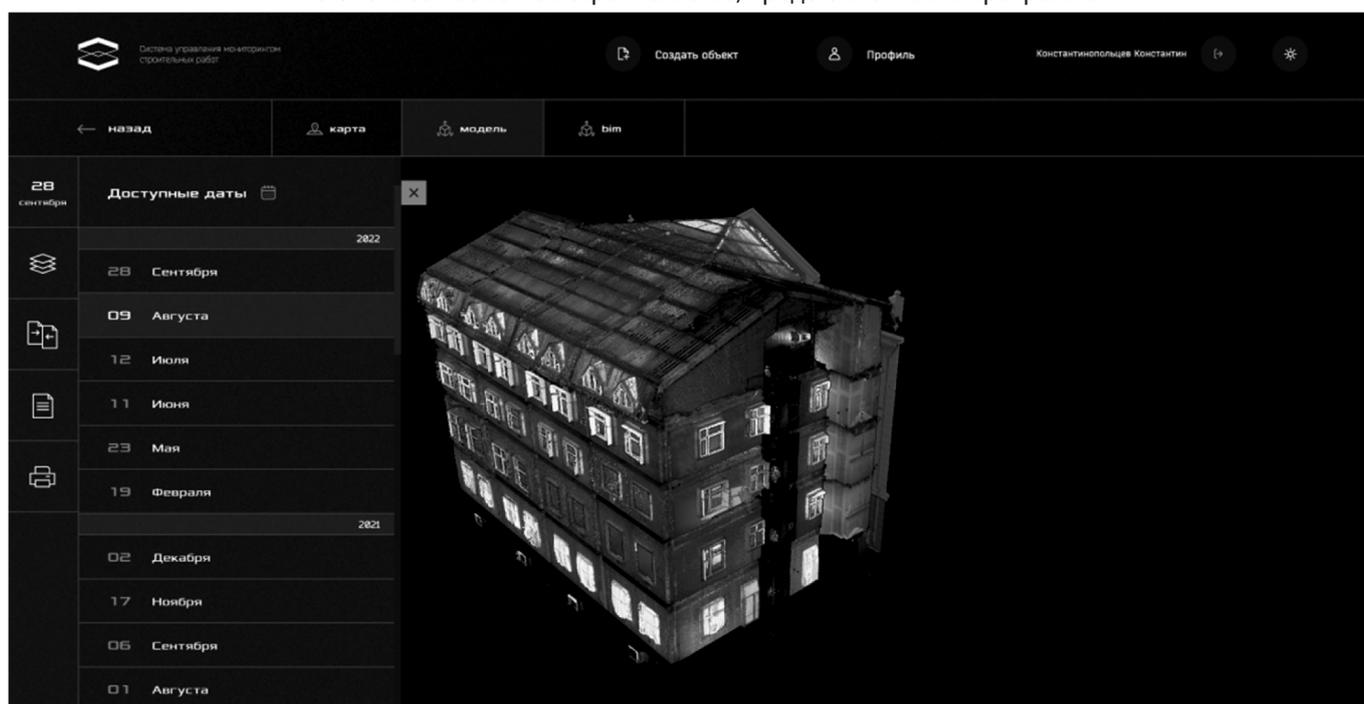


Рис. 4. Пример отображения трехмерной модели объекта строительства в программе

В ходе исследований были определены требования к новому программному продукту с учетом ограничений существующих программ, запросов заказчика по контролю и мониторингу строительных объектов.

Разработанное программное обеспечение находится на пятой стадии готовности (ГОСТ Р 57194.1-2016 Трансфер технологий. Общие положения).

### Выводы

При значительных масштабах строительных работ в современной экономике России, отрасль характеризуется проблемами строительного контроля, решению которых могут способствовать цифровые технологии. Однако, в недостаточной степени исследованы и реализованы возможности цифровизации контроля, в частности, выполнения точных измерений в рамках BIM-моделей по результатам лазерного сканирования. В нашем исследовании представлены результаты разработки специализированного программного обеспече-

ния СУМСР, которое апробировано на реальных данных по крупному объекту строительства для мониторинга и строительного контроля. Планируется использование программы при исполнении государственных и муниципальных контрактов.

### Благодарность

Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, № соглашения 075-15-2022-1195 от 30.09.2022 г.

### ЛИТЕРАТУРА

- Francisco, M., Ribeiro, F., Metrôlho, J., Dionísio, R., 2023. Algorithms and models for automatic detection and classification of diseases and pests in agricultural crops: a systematic review. /Applied Sciences, 13(8), 4720.
- Plavšić, J., Mišković, I., 2023. Industrial applications of digital twin technology in the mining sector: an overview. /CIM Journal, 14(2), 97–106.
- González-deSantos, L.M., 2022. News applications of UAVs for infrastructure monitoring: contact inspection systems. /Engineering Proceedings, 17(1), 23.
- Rada, A.O., Kuznetsov, A.D., 2022. Digital inventory of agricultural land plots in the Kemerovo Region. /Foods and Raw Materials, 10(2), 206–215.
- Prosekov, A., Vesnina, A., Atuchin, V., Kuznetsov, A., 2022. Robust algorithms for drone-assisted monitoring of big animals in harsh conditions of Siberian winter forests: recovery of European elk (*Alces alces*) in Salair mountains. /Animals, 12(12), 1483.
- Al-Dosari, K., Hunaiti, Z., Balachandran, W., 2023. Systematic review on civilian drones in safety and security applications. /Drones, 7(3), 210.
- Chen, Y., Wang, X., Liu, Z., Cui, J., Osmani, M., Demian, P., 2023. Exploring Building Information Modeling (BIM) and Internet of things (IoT) integration for sustainable building. /Buildings, 13(2), 288.
- Fargnoli, M., Lombardi, M., 2020. Building Information Modelling (BIM) to enhance occupational safety in construction activities: research trends emerging from one decade of studies. /Buildings, 10(6), 98.
- Ferdosi, H., Abbasianjahromi, H., Banihashemi, S., Ravanshadnia, M., 2023. BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review. /International Journal of Construction Management, 23(12), 1969–1981.
- Xu, X., Mumford, T., Zou, P., 2021. Life-cycle building information modelling (BIM) engaged framework for improving building energy performance. /Energy and Buildings, 231, 110496.
- Jiang, Y., 2021. Intelligent building construction management based on BIM digital twin. /Computational Intelligence and Neuroscience, 2021, 4979249.
- Liu, N., Guo, D., Song, Z., Zhong, S., Hu, R., 2023. BIM-based digital platform and risk management system for mountain tunnel construction. /Scientific Reports, 13, 7585.
- Knippers, J., Kropp, C., Menges, A., Sawodny, O., Weiskopf, D., 2021. Integrative computational design and construction: Rethinking architecture digitally. /Civil Engineering Design, 3, 123–135.
- Afzal, M., Shafiq, M.T., Al Jassmi, H., 2021. Improving construction safety with virtual-design construction technologies — a review. /Journal of Information Technology in Construction, 26, 319–340.
- Manzoor, B., Othman, I., Pomares, J.C., 2021. Digital technologies in the architecture, engineering and construction (AEC) industry — a bibliometric-qualitative literature review of research activities. /International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(11), 6135.
- Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H., Girolami, M., 2020. Construction with digital twin information systems. /Data-Centric Engineering, 1, E14.
- Rashdi, R., Martínez-Sánchez, J., Arias, P., Qiu, Z., 2022. Scanning technologies to building information modelling: A review. /Infrastructures, 7(4), 49.
- Su, S., Zhong, R.Y., Jiang, Y., 2022. Digital twin and its applications in the construction industry: A state-of-art systematic review. /Digital Twin, 2, 15.
- Baghalzadeh Shishehgharkhaneh, M., Keivani, A., Moehler, R.C., Jelodari, N., Roshdi Laleh, S., 2022. Internet of Things (IoT), Building information modeling (BIM), and digital twin (DT) in construction industry: A review, bibliometric, and network analysis. /Buildings, 12(10), 1503.
- Tarsha Kurdi, F., Awrangjeb, M., Munir, N., 2021. Automatic filtering and 2D modeling of airborne laser scanning building point cloud. /Transactions in GIS, 25(1), 164–188.

21. Aryan, A., Bosché, F., Tang, P., 2021. Planning for terrestrial laser scanning in construction: A review. /Automation in Construction, 125, 103551.
22. Wu, C., Yuan, Y., Tang, Y., Tian, B., 2022. Application of terrestrial laser scanning (TLS) in the architecture, engineering and construction (AEC) industry. /Sensors, 22(1), 265.
23. Wang, C., Wen, C., Dai, Y., Yu, S., Liu, M., 2020. Urban 3D modeling with mobile laser scanning: a review. /Virtual Reality & Intelligent Hardware, 2(3), 175–212.
24. Kalenjuk, S., Lienhart, W., Rebhan, M.J., 2021. Processing of mobile laser scanning data for large-scale deformation monitoring of anchored retaining structures along highways. /Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 36(6), 678–694.
25. Nassereddine, H., Hanna, A.S., Veeramani, D., Lotfallah, W., 2022. Augmented reality in the construction industry: use-cases, benefits, obstacles, and future trends. /Frontiers in Built Environment, 8, 730094.
26. Abioye, S.O., Oyedele, L.O., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J.M., Bilal, M., Akinade, O.O., Ahmed, A., 2021. Artificial intelligence in the construction industry: a review of present status, opportunities and future challenges. /Journal of Building Engineering, 2021, 44.
27. Singh, V., 2019. Digitalization, BIM ecosystem, and the future of built environment. /Engineering Construction and Architectural Management, 17, 1–18.
28. Olanipekun, A.O., Sutrisna, M., 2021. Facilitating digital transformation in construction — a systematic review of the current state of the art. /Frontiers in Built Environment, 7, 660758.
29. Ignatova, E.V., Matyuhina, M.A., Smorzhenkov, N.S., 2022. Sustainable development based on digital technologies in construction. /Construction and Architecture, 10(2), 56–60.
30. Travush, V.I., 2018. Digital technologies in construction. /Architecture and Construction, 3, 100–117.
31. Pichugin, A.S., Sultanova, E.A., 2019. Design of roads based on BIM technologies. /Information technology, 2, 117–121.
32. Zharkov, D.I., 2021. Prospects for development of BIM technologies. /Engineering Research, 2, 9–15.
33. Milkina, Yu.A., Makarova, E.E., 2021. Introduction of modern information technologies in the construction industry. /Organizer of Production, 29(3), 101–110.
34. Subbotin, A.S., Bimbiris, B.B., 2022. Positive aspects of the use of digital technologies While restoring of the destroyed urban environment. /Bulletin of the Moscow Information Technology University — Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering, 4, 28–35.
35. Gusakova, E., Parfenov, S., Kurilov, A., 2022. Development of information systems for specifications of projects for the construction of residential complexes. /Information Resources of Russia, 5-6, 32–39.
36. Antipenko, V.P., 2019. The use of digital technologies to reduce risks in construction. /Estimated Contractual Work in Construction, 9, 41–47.

---

© Рада Артем Олегович (rada.ao@kemsu.ru); Акулов Анатолий Олегович (akuanatolij@yandex.ru);  
Тимофеев Антон Евгеньевич (a.timofeev@i-digit.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ ДОСТУПА К РАДИОРЕСУРСАМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ С ДВУМЯ СЛАЙСАМИ

**Радимов Игорь Ринадович**  
НИТУ МИСИС, Москва  
buryattvoydrug@gmail.com

## SCENARIO MODELING OF THE WIRELESS NETWORK RADIO RESOURCE ACCESS SCHEME WITH TWO SLICES

**I. Radimov**

*Summary.* Fifth-generation networks are of great interest for various studies. One of the most important technologies for efficient use of resources in fifth-generation networks is Network Slicing. In this paper, we consider a method of resource allocation in 5G wireless networks using Network Slicing technology. In the main part of the work, a model of an access scheme to wireless network radio resources with two slices and BG traffic is constructed. The following is an example of the functioning of the constructed model from the point of view of queuing systems, a matrix of transition intensities is compiled.

*Keywords:* queuing system, 5G, two-service queuing system, resource allocation, Network Slicing, elastic traffic, minimum guaranteed bitrate.

*Аннотация.* Сети пятого поколения представляют большой интерес для различных исследований. Одной из наиболее важных технологий для эффективного использования ресурсов в сетях пятого поколения, является Network Slicing. В данной работе рассматривается способ распределения ресурсов в беспроводных сетях 5G с применением технологии Network Slicing. В основной части работы построена модель схемы доступа к радиоресурсам беспроводной сети с двумя слайсами и трафиком BG. Далее приведен пример функционирования построенной модели с точки зрения систем массового обслуживания, составлена матрица интенсивностей перехода.

*Ключевые слова:* система массового обслуживания, 5G, двухсервисная СМО, распределение ресурса, нарезка сети, эластичный трафик, минимальная гарантированная скорость.

## Введение

Число пользователей Интернета растет с каждым годом, еще быстрее растет количество устройств, подключенных к интернету. Для функционирования промышленных и транспортных автоматизированных систем необходимо передавать большой объем информации между элементами системы (вычислительными устройствами и датчиками) с определенными параметрами сети: задержкой, пропускной способностью, плотностью подключения, энергоэффективностью, надежностью и т.д. Мобильные сети пятого поколения в различных конфигурациях должны решать эти задачи.

Поиск различных конфигураций и анализ моделей сетей, в особенности сетей с гарантированными под разными задачами ресурсами, является актуальной задачей. Анализ различных конфигураций сетевых сегментов, которые становятся возможными благодаря технологии Network Slicing, помогает определить особенности их функционирования, что способствует более точной настройке сети для выполнения конкретных задач.

Важным технологическим решением для полноценного использования потенциала опорной сети 5G является технология Network Slicing. Она позволяет разделить сеть на отдельные сегменты, каждый из которых обладает собственными вычислительными, запомина-

ющими и коммуникационными ресурсами. Эти ресурсы выделяются активным службам для обеспечения их изоляции друг от друга и достижения заданных уровней производительности [1].

Наиболее интересным для исследования являются фрагменты сети с эластичным типом трафика. В отличие от потокового трафика, эластичный трафик чувствителен к потерям и не чувствителен к задержкам. Он характеризуется переменной скоростью передачи данных, переменным временем обслуживания и заданной фиксированной длиной передаваемого фрагмента файла [2, 3]. Эластичный тип трафика генерируется при передаче файлов по протоколам FTP и P2P, работе служб HTTP и SMTP, а также при передаче сигнального трафика в промышленных и транспортных автоматизированных системах.

В дальнейшем будут рассматриваться модели с BG типом трафика с гарантированной минимальной скоростью и негарантированной доставкой. Такой тип трафика гарантирует заданную оператором минимальную скорость передачи данных, а запрос на более высокую скорость передачи данных обрабатывается по схеме «besteffort» наилучшим возможным образом. В итоге пользователь получает приемлемый уровень QoS, а оператор несёт существенно меньшие затраты. Нейтрализация негарантированной доставки решается по-

строением особых моделей обслуживания трафика с использованием технологии NS [4, 5].

Таким образом, основной задачей представленной работы является построение модели схемы доступа к радиоресурсам беспроводной сети с двумя слайсами и эластичным трафиком типа BG.

**Постановка задачи**

Рассматривается модель схемы доступа к радиоресурсам беспроводной сети с двумя слайсами (рис. 1) со следующими параметрами: общая емкость участка сети составляет  $C$  [ед. емкости], емкость первого слайса составляет  $C_1$  [ед. емкости], емкость второго слайса составляет  $C_2$  [ед. емкости],  $C_1 + C_2 \geq C$ . Слайс  $C_k$  состоит из гарантированной (для обслуживания  $k$ -го типа заявок) части емкостью  $Q_k$  и общедоступной части емкостью  $C_k - Q_k$ .

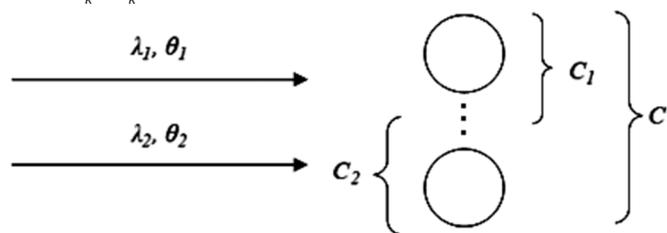


Рис. 1. Схема двухсервисной модели с эластичным трафиком и двумя слайсами

Пусть  $k$ -ый входящий поток запросов имеет пуассоновское распределение с параметрами  $\lambda_k$ . Каждая заявка из  $k$ -го потока занимает при обслуживании  $b_k \leq Q_k$  единиц ресурса сети, среднее время обслуживания заявок  $k$ -го потока составляет  $\mu_k^{-1}$ .

В данной системе заявки упорядочены по приоритетам, которые определяются номером очереди. Если в си-

стему поступает заявка с более высоким приоритетом, она может прервать обработку заявки с более низким приоритетом в общей части системы. Такой подход к обслуживанию заявок отличает эту модель сети от тех, что рассматривались ранее.

Приоритет обслуживания заявок в  $k$ -го потока определяется по принципу Best effort with minimum guaranteed bitrate (BG), который гарантирует минимальную скорость и предусматривает резервирование ресурсов сети для каждого типа заявок [6, 7]. Рассмотрим четыре возможных сценария обработки заявок при их поступлении в систему [8, 9].

Сценарий 1. Числа свободных единиц ресурсов в гарантированной части  $k$ -го слайса достаточно для обслуживания поступившей заявки  $k$ -го типа. В таком случае заявка  $k$ -го типа принимается на обслуживание в гарантированную часть  $Q_k$  логического слайса  $C_k$  (рис. 2А).

Сценарий 2. Числа свободных единиц ресурсов в гарантированной части  $k$ -го слайса недостаточно для обслуживания поступившей заявки  $k$ -го типа. В таком случае заявка  $k$ -го типа принимается на обслуживание в негарантированную часть  $C_k - Q_k$  логического слайса  $C_k$  (рис. 2Б).

Сценарий 3. При поступлении заявки  $k$ -го типа в гарантированной части  $Q_k$  уже обслуживается заявка  $j$ -го типа и в гарантированной части  $Q_k$  недостаточно ресурсов для обслуживания поступившей заявки  $k$ -го типа. В таком случае заявка  $j$ -го типа будет вытеснена заявкой  $k$ -го типа (рис. 3).

Сценарий 4. При поступлении заявки  $k$ -го типа в гарантированной части  $Q_k$  логического слайса  $C_k$  находятся на обслуживании только заявки  $k$ -го типа и все ресурсы логического слайса  $C_k$  заняты. В таком случае

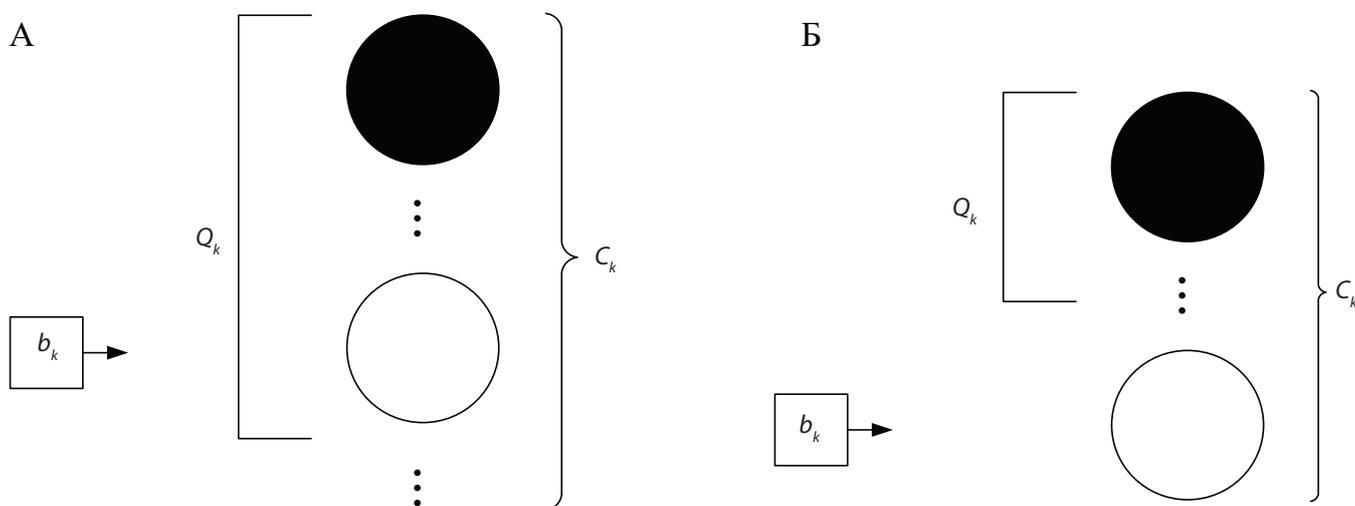


Рис. 2. А — Первый сценарий, Б — Второй сценарий

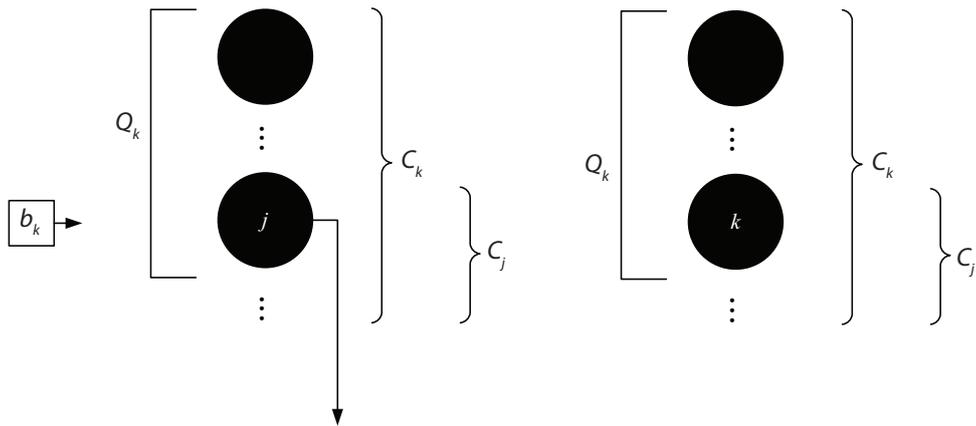


Рис. 3. Третий сценарий

нет возможности вытеснить заявку другого типа, следовательно, заявка на обслуживание блокируется (рис. 4).

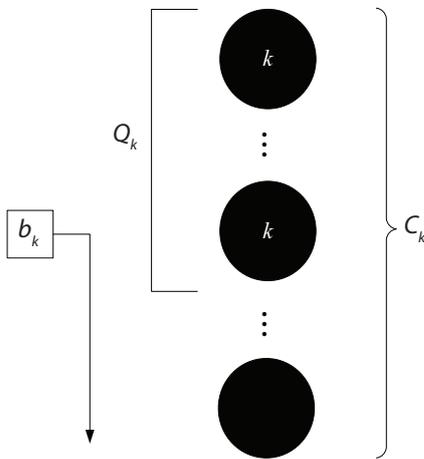


Рис. 4. Четвёртый сценарий

С учетом описанных сценариев обслуживания поступающих в систему заявок необходимо подробно описать модель и рассмотреть пример возможной реализации модели схемы доступа к ресурсам радиосети.

**Формализованное описание модели**

Для рассматриваемой модели запишем пространство состояний системы обслуживания с учетом рассмотренных сценариев обслуживания.

Пространство состояний системы состоит из всевозможных пар чисел  $(x, y)$ , соответствующих количеству заявок в сети, находящихся на обслуживании в момент времени. Таким образом, это множество должно удовлетворять трем условиям: обслуживаемые заявки могут занимать в системе не больше общего заявленного количества ресурсов  $b_1x + b_2y \leq C$ ; обслуживаемые заявки могут занимать только ресурсы выделенных под их тип слайсов  $b_1x \leq C_1, b_2y \leq C_2$ ; множество включает в себя множества, приема и прерывания заявок.

$$X = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_1x + b_2y \leq C \\ \leq C \cap b_1x \leq C_1 \cap b_2y \leq C_2 \\ \leq C_2 \cap x \geq 0 \cap y \geq 0 \end{array} \right\},$$

где  $x$  — количество заявок в сети первого типа,  $y$  — количество заявок в сети второго типа,  $b_i$  — минимальная емкость, необходимая для передачи данных [единиц ресурса],  $C$  — общая пропускная способность сети,  $C_i$  — емкость слайса, выделенного для  $i$ -го типа заявок;  $Q_i$  — гарантированная емкость слайса, выделенного для  $i$ -го типа заявок.

Множество приема заявок  $S_k$  включает в себя такие состояния системы, в которых есть возможность принять на обслуживание заявку  $k$ -го типа.

$$S_1 = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_1x + b_1 \leq C \\ \leq Q_1 \cup b_1x + b_1 \leq C \\ \leq C_1 \cap b_1x + b_2y + b_1 \leq C \end{array} \right\}$$

$$S_2 = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_2y + b_2 \leq C \\ \leq Q_2 \cup b_2y + b_2 \leq C \\ \leq C_2 \cap b_1x + b_2y + b_2 \leq C \end{array} \right\}$$

Множество блокировок заявок состоит из таких состояний системы, в которых новые поступающие заявки  $k$ -го типа будут отклоняться из-за отсутствия свободных ресурсов в  $k$ -ом слайсе.

$$B_1 = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_1x + b_1 > C \\ > C_1 \cup b_1x + b_1 > C \\ > Q_1 \cap b_1x + b_2y + b_1 > C \end{array} \right\}$$

$$B_2 = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_2x + b_2 > C \\ > C_2 \cup b_2y + b_2 > C \\ > Q_2 \cap b_1x + b_2y + b_2 > C \end{array} \right\}$$

Множество вытеснения заявок состоит из таких состояний системы, в которых новые поступающие заявки  $k$ -го типа будут вытеснять обслуживаемые заявки  $j$ -го типа, имея над ними приоритет.

$$V_1^2 = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_1x + b_2y + b_2 > \\ > C \cap b_2y + b_2 \leq Q_2 \end{array} \right\}$$

$$V_2^1 = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) \in X | b_1x + b_2y + b_1 > \\ > C \cap b_1x + b_1 \leq Q_1 \end{array} \right\}$$

Для того чтобы составить уравнение равновесия системы, построим диаграмму центрального состояния (рис. 5).

Таким образом, рассматриваемая система является необратимым марковским процессом и описывается следующей системой уравнений равновесия:

$$p_{x,y} \left[ \begin{array}{l} u(x) \frac{b_1\mu_1x}{b_1x + b_2y} + u(y) \frac{b_2\mu_2y}{b_1x + b_2y} + \\ + I((x, y) \in S_1)\lambda_1 + I((x, y) \in S_2)\lambda_2 \end{array} \right] =$$

$$= u(x-2)\lambda_1 p_{x-1,y} + u(y-2)\lambda_2 p_{x,y-1} +$$

$$+ I((x, y) \in V_2)\lambda_2 p_{x+1,y-1} + I((x, y) \in V_1)\lambda_1 p_{x-1,y+1} +$$

$$+ I((x, y) \in S_1 \setminus V_2) \frac{(b_1x + b_1)\mu_1}{b_1x + b_1 + b_2y} p_{x+1,y} +$$

$$+ I((x, y) \in S_2 \setminus V_1) \frac{(b_2y + b_2)\mu_2}{b_1x + b_2 + b_2y} p_{x,y+1}$$

где  $p_{x,y}(x, y) \in X$  — стационарное распределение вероятностей состояний системы,  $u(x)$  — функция Хевисайда,  $I(A)$  — функция индикатор [10].

Стационарное распределение вероятностей  $p_{x,y}(x, y) \in X$  может быть вычислено с помощью числен-

ного решения системы уравнения равновесия  $p \cdot A = 0$ ,  $p \cdot 1^T = 1$ , где  $A$  — матрица интенсивностей переходов системы, элементы которой определены следующим образом:

$$a((x, y)(x', y')) = \begin{cases} \lambda_1, \text{ если } y' = y, x' = x + 1, \\ (x, y) \in S_1 \setminus V_2 \cup y' = y - 1, \\ x' = x + 1, (x, y) \in V_2; \\ \lambda_2, \text{ если } y' = y + 1, x' = x, \\ (x, y) \in S_2 \setminus V_1 \cup y' = y + 1, \\ x' = x - 1, (x, y) \in V_1; \\ \frac{b_1\mu_1x}{b_1x + b_2y}, \text{ если } y' = y, x' = x - 1; \\ \frac{b_2\mu_2y}{b_1x + b_2y}, \text{ если } y' = y - 1, x' = x; \\ *, \text{ если } y' = y, x' = x; \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases}$$

где

$$* = - \left( \begin{array}{l} u(x) \frac{b_1\mu_1x}{b_1x + b_2y} + u(y) \frac{b_2\mu_2y}{b_1x + b_2y} + \\ + I((x, y) \in S_1)\lambda_1 + I((x, y) \in S_2)\lambda_2 \end{array} \right), (x, y) \in X$$

— состояния системы,  $a(x', y') \in X$  — состояния системы после осуществления перехода,  $u(x)$  — функция Хевисайда,  $I(A)$  — функция индикатор [11].

Запишем формулы для нахождения основных вероятностных характеристик рассматриваемой модели.

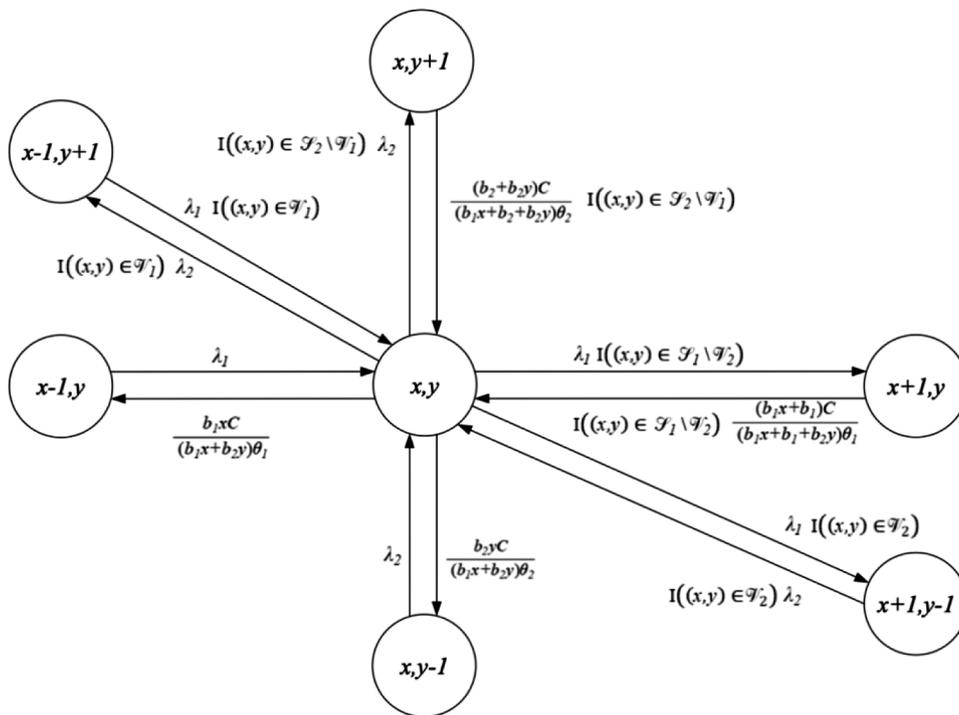


Рис. 5. Диаграмма центрального состояния

Вероятность блокировки  $E_1$  и  $E_2$  запроса на обслуживание заявки первого и второго типа по времени:

$$E_1 = \sum_{(x,y) \in B_1} p_{(x,y)}, E_2 = \sum_{(x,y) \in B_2} p_{(x,y)}$$

Вероятность блокировки  $B_1$  и  $B_2$  запроса на обслуживание заявки первого и второго типа по вызовам:

$$B_1 = \frac{\sum_{(x,y) \in B_1} p_{(x,y)}}{\sum_{(x,y) \in X} p_{(x,y)}} = \sum_{(x,y) \in B_1} p_{(x,y)} = E_1,$$

$$B_2 = \frac{\sum_{(x,y) \in B_2} p_{(x,y)}}{\sum_{(x,y) \in X} p_{(x,y)}} = \sum_{(x,y) \in B_2} p_{(x,y)} = E_2$$

Среднее число обслуживаемых в системе запросов  $\bar{N}_1$  и  $\bar{N}_2$  первого и второго типа:

$$\bar{N}_1 = \sum_{(x,y) \in X} p_{(x,y)} n, \bar{N}_2 = \sum_{(x,y) \in X} p_{(x,y)} m.$$

**Пример функционирования модели**

Рассмотрим пример функционирования модели схемы доступа к радиоресурсам беспроводной сети с двумя слайсами и трафиком BG. Выпишем пространство состояний системы, множество блокировок заявок, множество приёма заявок, множество вытеснения заявок, а также изобразим схему модели и диаграмму интенсивностей перехода.

Рассматривается базовая станция сети с емкостью  $C = 8$ , которая используется совместно двумя слайсами емкостью  $C_1 = 4, C_2 = 6$ . В соответствии с приоритетными правилами BG трафика емкость первого слайса  $C_1$  имеет гарантированную часть  $Q_1 = 3$ , в которой приоритет отдаётся заявкам первого типа; емкость второго слайса  $C_2$  имеет гарантированную часть  $Q_2 = 5$ , в которой приоритет отдаётся заявкам второго типа (рис. 6, 7).

В систему обслуживания поступают два потока заявок с интенсивностями  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , каждая заявка требует для обслуживания  $b_1 = 1$  и  $b_2 = 2$  единиц ресурса соответственно.

Множество состояний сети включает в себя 18 состояний.

$$X = \left\{ \begin{matrix} (0,0), (0,1), (0,2), (0,3), (1,0), (1,1), (1,2), (1,3), \\ (2,0), (2,1), (2,2), (2,3), (3,0), (3,1), (3,2) \\ (4,0), (4,1), (4,2) \end{matrix} \right\}$$

Множество приёма заявок первого типа состоит из 15 состояний.

$$S_1 = \left\{ \begin{matrix} (0,0), (0,1), (0,2), (0,3), (1,0), (1,1), (1,2), (1,3), \\ (2,0), (2,1), (2,2), (2,3), (3,0), (3,1), (3,2) \end{matrix} \right\}$$

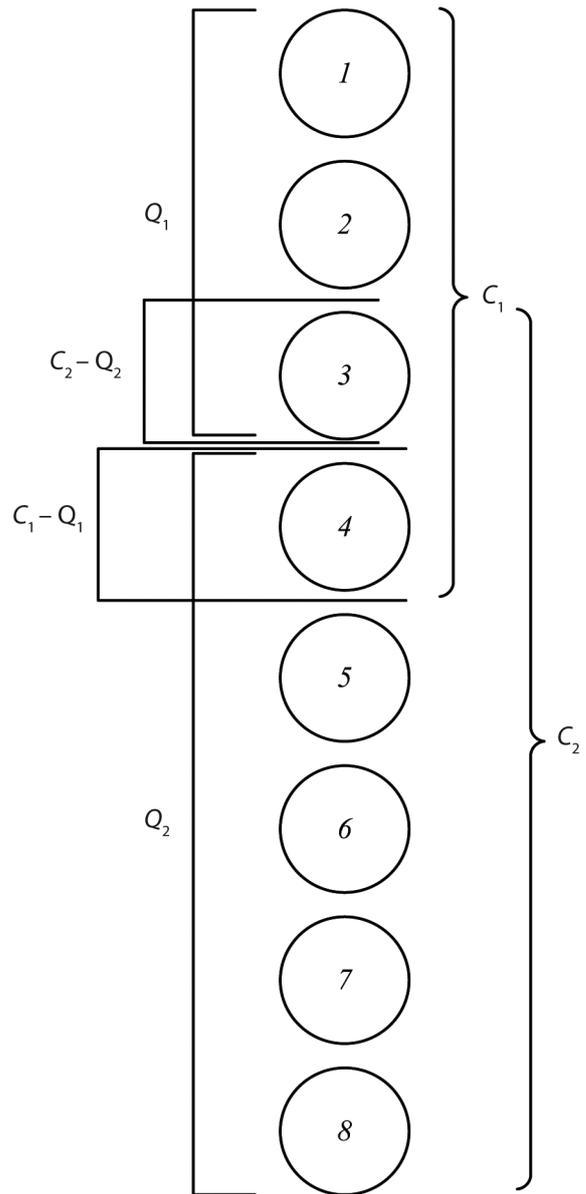


Рис. 6. Схема примера

Множество приема заявок второго типа состоит из 13 состояний.

$$S_2 = \left\{ \begin{matrix} (0,0), (0,1), (0,2), (1,0), (1,1), (1,2), \\ (2,0), (2,1), (2,2), (3,0), (3,1), \\ (4,0), (4,1) \end{matrix} \right\}$$

Множества блокировок заявок первого и второго типа включает в себя 3 и 5 состояний соответственно:  $B_1 = \{(4,0), (4,1), (4,2)\}, B_2 = \{(0,3), (1,3), (2,3), (3,2), (4,2)\}$ .

Множество вытеснения заявок первого и второго типа включает в себя 0 и 2 состояния соответственно:  $V_1^2 = \{\emptyset\}, V_2^1 = \{(2,3)\}$ .

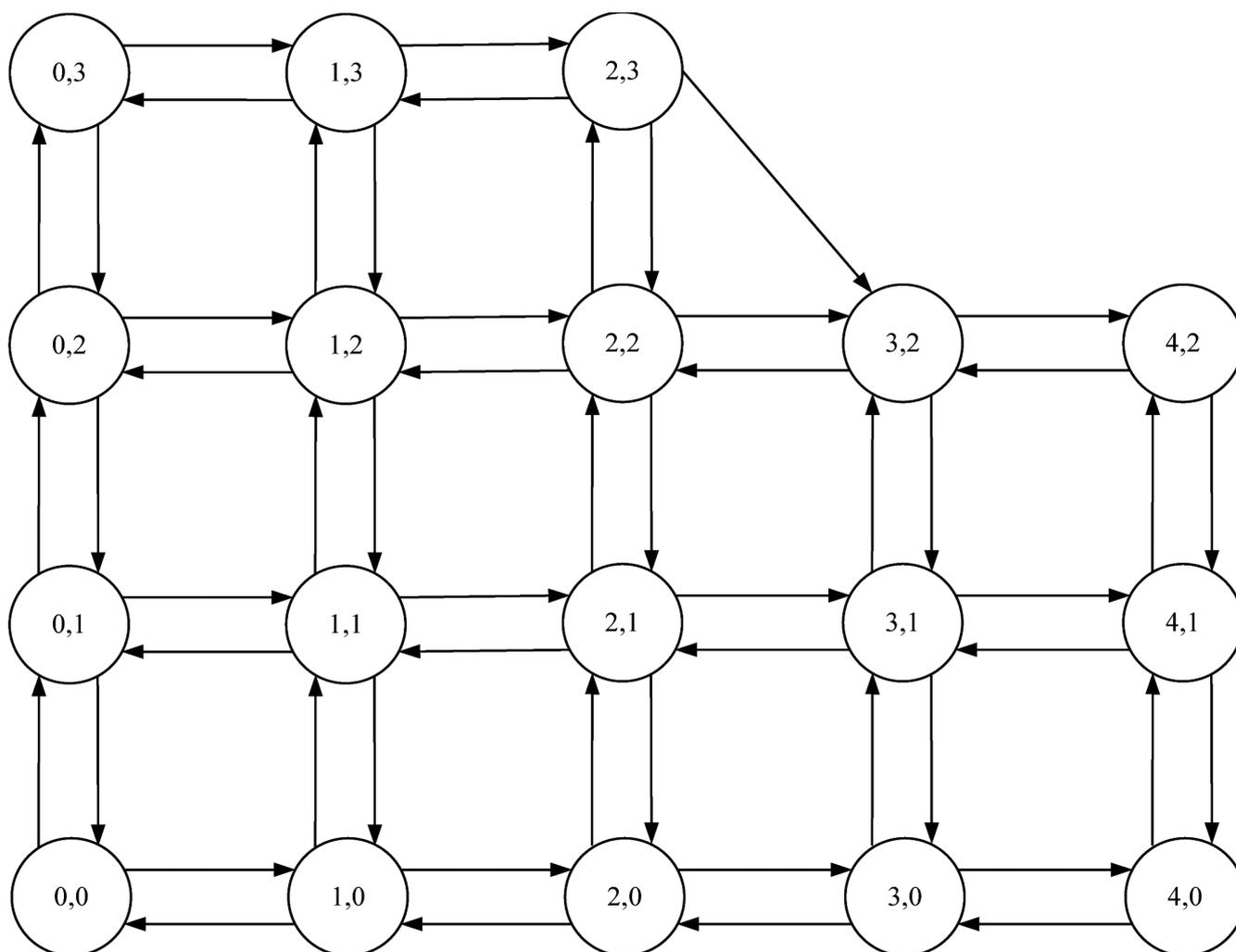


Рис. 7. Матрица интенсивностей перехода примера

### Заключение

В работе представлено построение двухсервисной модели схемы доступа к радиоресурсам с эластичным трафиком BG. Представлен пример возможной реализации, составлена матрица интенсивностей перехода. Кроме того, были записаны системы уравнений глобального и частичного баланса, необходимые для дальнейшего исследования модели. Записанные СУР могут быть использованы для вычисления стационарного распре-

деления вероятностей, с помощью которого были выведены формулы для вычисления основных вероятных характеристик.

В дальнейшем следует провести численный анализ вариантов реализации модели схемы доступа к радиоресурсам беспроводной сети с двумя слайсами и трафиком BG. Результаты численного анализа позволят сделать вывод о целесообразности применимости модели в реальных сценариях использования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. M. Richart, J. Baliosian, J. Serrat, J.-L. Gorricho Resource Slicing in Virtual Wireless Networks: A Survey // IEEE Transactions on Network and Service Management. — 2016. — №3. — С. 462–476.
2. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика: Учеб. пособие. — 3-е изд. — М.: РУДН, 2009. — 342 с.
3. A. Samuylov, V. Beschastnyi, D. Moltchanov, D. Ostrikova, Y. Gaidamaka, V. Shorgin Modeling Coexistence of Unicast and Multicast Communications in 5G New Radio Systems // IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. — Istanbul, Turkey: PIMRC, 2019. — С. 1–6.
4. Самуйлов К.Е., Гарибян, А.А. Модель обслуживания гетерогенного трафика для анализа технологии нарезки беспроводной сети LTE // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. — М.: РУДН, 2019. — С. 31–34.
5. Савич В.Н., Дымова П.И., Поляков Н.А., Власкина А.В., Гудкова И.А. К анализу системы массового обслуживания с двумя очередями и нетерпеливым эластичным трафиком с минимальной скоростью // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. — М.: РУДН, 2019. — С. 103–107.
6. Vlaskina A., Polyakov N., Kochetkova I. Modeling and Performance Analysis of Elastic Traffic with Minimum Rate Guarantee Transmission Under Network Slicing // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). — СПб.: Springer Verlag, 2019. — С. 621–634.
7. China Mobile Communication Corporation, Huawei Technologies Co. Deutsche Telekom AG, Volkswagen 5G Service-Guaranteed Network Slicing White Paper. — 2017. — 26 с.
8. Яркина Н.В., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. О задаче разделения ресурсов при нарезке сети 5G // Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в телекоммуникациях». — М.: РУДН, 2019. — С. 74–76.
9. D. Ivanova, E. Markova, D. Moltchanov, R. Pirmagomedov, Y. Koucheryava, K. Samouylov Performance of Priority-Based Traffic Coexistence Strategies in 5G mmWave Industrial Deployments // IEEE Access. — 2022. — №10. — С. 9241–9256.
10. Макеева Е.Д., Поляков Н.А., Харин П.А., Гудкова И.А. Вероятностная модель для анализа характеристик совместной передачи трафика URLLC и eMBB в беспроводных сетях // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. — 2020. — №52. — С. 33–42.
11. V. Begishev, D. Moltchanov, E. Sopin, A. Samuylov, S. Andreev, Y. Koucheryavy, K. Samouylov Quantifying the Impact of Guard Capacity on Session Continuity in 3GPP New Radio Systems // IEEE Transactions on Vehicular Technology. — 2019. — №12. — С. 12345–12359.

© Радимов Игорь Ринадович (buryattvoydrug@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК СРЕДСТВО ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ ЦЕН НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

## RECURRENT NEURAL NETWORKS AS A MEANS OF PREDICTIVE ANALYSIS OF PRICE MOVEMENTS IN FINANCIAL MARKETS

*N. Suhev  
L. Panteleeva*

*Summary.* The article explores the use of recurrent neural networks as assistants to inverters and traders for making trading decisions. To test the hypothesis, a neural network with long-term short-term memory (LSTM) was selected, and gold commodity futures Gold Aug 23 was selected as the analyzed asset. The study demonstrates the analysis and development of a methodology for building and training an LSTM model using the Python programming language and libraries for data analysis. The development plan and methodology include four main stages. At the first stage, data is being prepared on the basis of which the LSTM model will be trained: the movement of asset prices and technical indicators RSI, EMAF, EMAM, EMAS. After that, the stages begin: creating the architecture of the neural network model and training it on a test sample of data. The model is trained using the Adam optimization algorithm, which adjusts the accuracy of the model based on a sample of data for training. The final stages in the development of a neural network are to evaluate the accuracy of the model prediction on a test sample using such coefficient metrics as MSE, R2 and MAE.

The results of the study demonstrate the high accuracy of the created LSTM model for predicting asset price movements in financial markets. The methodology provided in the paper can be useful in developing trading strategies and making decisions based on them.

*Keywords:* forecasting financial asset prices, recurrent neural networks (RNN), neural networks with long-term short-term memory (LSTM), model training, TensorFlow and Keras machine learning libraries, python, calculation of technical indicators, Adam optimization algorithm, estimation of model accuracy, coefficient metrics.

### Актуальность

Рекуррентные нейронные сети (RNN) представляют собой класс глубоких нейронных сетей (Deep learning), позволяющих моделировать последовательности данных, учитывая контекст информации из предыдущих шагов [1]. Они широко применяются в областях, где важно учитывать зависимости между элементами последовательности, таких как обработка естественного языка, анализ временных рядов, распознавание речи, создание музыки, распознавание жестов.

*Сучёв Николай Евгеньевич*

*УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань  
kolxz2001@gmail.com*

*Пантелеева Лейсан Ренатовна*

*канд. техн. наук, доцент,  
УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань  
leys.kaz@mail.ru*

*Аннотация.* В статье исследуется применение рекуррентных нейронных сетей в качестве ассистентов инверторов и трейдеров для принятия торговых решений. Для проверки гипотезы была выбрана нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью (LSTM), в качестве анализируемого актива — товарный фьючерс золота Gold Aug 23. Исследование демонстрирует анализ и разработку методики построения и обучения модели LSTM, используя язык программирования Python и библиотеки для анализа данных.

План и методика разработки включают четыре основных этапа. Сначала подготавливаются данные, на основе которых происходит обучение модели LSTM: движение цен актива и технические индикаторы RSI, EMAF, EMAM, EMAS. После чего следуют этапы по созданию архитектуры модели нейронной сети и её обучению на тестовой выборке данных. Обучение модели осуществляется с использованием алгоритма оптимизации Adam, который настраивает точность модели на основе выборки данных для обучения. Заключительным этапом в разработке нейронной сети является оценка точности прогноза модели на тестовой выборке с использованием таких коэффициентных метрик, как MSE, R2 и MAE.

Результаты исследования демонстрируют высокую точность созданной LSTM модели для предсказания движения цен активов на финансовых рынках. Представленная в работе методика может быть полезна при разработке торговых стратегий и принятии решений на их основе.

*Ключевые слова:* прогнозирование цен финансовых активов, рекуррентные нейронные сети (RNN), нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM), обучение модели, библиотеки для машинного обучения TensorFlow и Keras, python, расчет технических индикаторов, алгоритм оптимизации Adam, оценка точности модели, коэффициентные метрики.

Одной из наиболее популярных разновидностей RNN являются нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM). LSTM — это особый вид RNN, который был разработан для решения возникающей при обучении глубоких нейронных сетей проблемы исчезающего градиента [2].

Основная идея LSTM заключается в создании специальных блоков памяти, которые могут хранить информацию на протяжении длительных временных интервалов. Эти блоки состоят из трех основных компонентов:

входного шлюза (input gate), забывающего шлюза (forget gate) и выходного шлюза (output gate) (рис. 1). Шлюзы регулируют поток информации, позволяя LSTM «забыть» ненужную информацию и «запомнить» важные зависимости между данными [3].

LSTM имеют большой потенциал для применения в анализе финансовых рынков и трейдинге. Они могут обрабатывать временные ряды цен активов, объема торгов и другие финансовые данные, чтобы помочь в прогнозировании будущих движений и принятии финансовых решений на основе прогноза. В этой области LSTM модели имеют наибольшее преимущество перед другими нейронными сетями ввиду своей особенности. Как и большинство индикаторов, применяемых в трейдинговых стратегиях, LSTM использует исторические данные и строит свой прогноз, опираясь на последнее движение цен [4]. Сеть способна обнаруживать сложные паттерны и зависимости, которые могут быть незаметны для традиционных статистических методов.

Для обучения LSTM могут быть использованы такие данные об активах, как исторические цены закрытия, объемы торговли и технические индикаторы [5]. Нейронная сеть будет анализировать эти данные и выявлять скрытые зависимости, которые позволят предсказать будущие тренды рынка [6–7]. После обучения LSTM модель может быть использована для прогнозирования цен активов на основе новых входных данных. Это позволяет трейдерам и инвесторам принимать решения в торговле и управлении портфелем. LSTM также могут быть применены для создания стратегий автоматической торговли, которые основываются на предсказанных трендах и сигналах.

**Цель и задачи исследования**

Целью работы является построение нейронной сети LSTM для анализа и прогнозирования движения цен активов на основе их исторических данных и технических индикаторов. В качестве анализируемого актива рассмотрен товарный фьючерс золота Gold Aug 23 с использованием его исторических данных о ценах открытия, закрытия, объеме торговли и других параметрах. Для достижения цели необходимо разработать методику построения и обучения модели LSTM и оценить построенную модель по метрикам MSE, R2 и MAE.

**Методология**

Построение LSTM с использованием инструментов языка программирования Python состоит из следующих шагов:

1. Подготовка данных для обучения и тестирования модели. Это включает загрузку и предварительную обработку входных данных, таких как исторические цены актива, объем торгов и расчёт индикаторов. Данные разделяются на обучающую и тестовую выборки. Эти данные необходимо также масштабировать, что поможет модели лучше улавливать маленькие изменения и, тем самым, приведет к более точным прогнозам [8].
2. Создание архитектуры LSTM модели, используя библиотеки для машинного обучения TensorFlow и Keras. В зависимости от поставленной задачи выбирается необходимое количество скрытых слоев, количество временных шагов и эпох [9].
3. Обучение модели на выборке данных. На этом шаге модель будет подстраиваться под данные, чтобы наилучшим образом предсказывать движение исследуемого актива. Обучение производится путем подачи данных в модель и минимизации

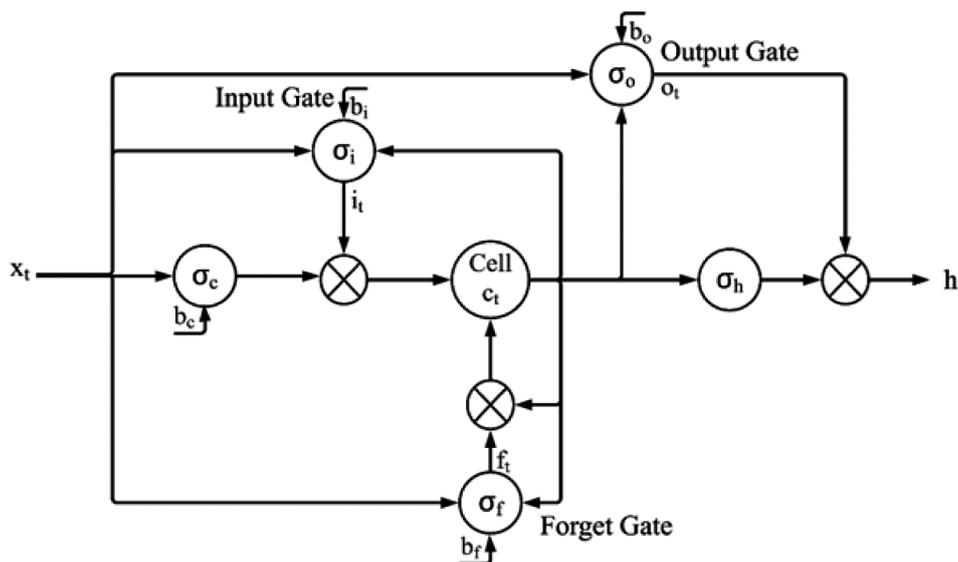


Рис. 1. Схема LSTM

выбранной функции потерь с помощью оптимизатора.

- Оценка модели после завершения обучения. Необходимо проверить производительность и точность расчётов на тестовой выборке. Для оценки точности предсказаний модели используются такие метрики, как средняя абсолютная ошибка (MAE), средняя квадратичная ошибка (MSE) или коэффициент детерминации (R2).

Для реализации начального шага загружаются исторические данные о ценах товарного фьючерса на золото Gold Aug 23 (GC=F). Эти данные содержат информацию о цене открытия, цене закрытия, объеме торговли, минимальной и максимальной цене актива за сутки. Для обучения модели были взяты данные с марта 2012 г. по май 2023 г.

Для анализа и прогнозирования цен золота рассчитываются такие технические индикаторы, как RSI (Индекс относительной силы), позволяющий оценить перекупленность или перепроданность актива [10], EMAF (экспоненциальное скользящее среднее с коротким периодом), EMAM (экспоненциальное скользящее среднее с средним периодом) и EMAS (экспоненциальное скользящее среднее с длинным периодом), использующиеся для определения тренда и сглаживания ценовых данных [11].

Следующим подготовительным шагом является создание целевых переменных для обучения модели (рис. 2). Столбец Target вычисляет разницу между ценой закрытия на следующий день и ценой открытия текущего дня. Столбец TargetClass определяет, является ли изменение цены положительным (прибыльным) или отрицательным (убыточным), устанавливая значение 1 или 0 соответственно. Столбец TargetNextClose содержит цены закрытия на следующий день.

Для лучшей работы модели и предотвращения проблем с различными масштабами данных, исходные данные масштабируются с использованием библиотеки sklearn. Это приводит все значения к диапазону от 0 до 1. Масштабирование данных поможет модели лучше

улавливать малые изменения и позволить провести стабильное обучение, что в итоге приведет к более точным прогнозам.

Масштабированные данные разделяются на обучающую и тестовую выборки. Это необходимо для оценки эффективности модели на новых, ранее не встречавшихся данных. Для этого используем разделение в пропорции 80/20, где 80 % данных используется для обучения модели, а 20 % — для тестирования [12]. График движения цен тестового множества показан на рис. 3.

После подготовительных работ начинается этап создания и обучения LSTM сети. В модели определены восемь временных шагов, при этом скрытый слой имеет 150 нейронов, выходной слой применяет линейную активацию к выходам из скрытого слоя. Для обучения модели используется Adam — алгоритм оптимизации, настраивающий точность модели путем обновления весов модели в процессе обучения [13]. Эмпирические результаты демонстрируют, что Adam хорошо работает на практике и выгодно отличается от других методов стохастической оптимизации.

После обучения модели задействуем тестовую выборку, чтобы спрогнозировать цену актива на следующий день после дня закрытия. На выходе получим массив предсказанных цен, который необходимо проверить на соответствие с тестовой выборкой.

### Результаты исследования, их теоретическая и практическая значимость

На основе полученных данных построим график и рассчитаем показатели точности спрогнозированных цен.

График на рис. 4 представляет сравнение фактических значений «Тестовая выборка» и прогнозных значений «Предсказанная цена», полученных с помощью обученной модели. Он помогает оценить точность модели и увидеть, насколько близки прогнозы модели к фактическим значениям.

|   | Open       | High       | Low        | Adj Close  | RSI       | EMAF       | EMAM       | EMAS       | Target     | TargetClass | TargetNextClose |
|---|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----------------|
| 0 | 791.440002 | 795.679993 | 789.760010 | 789.760010 | 46.877256 | 795.406526 | 775.179523 | 762.677734 | -2.690002  | 0           | 787.179993      |
| 1 | 789.869995 | 792.669983 | 785.640015 | 787.179993 | 44.575540 | 794.623046 | 775.417156 | 763.002267 | 6.260010   | 1           | 793.440002      |
| 2 | 787.179993 | 794.020020 | 786.260010 | 793.440002 | 50.849388 | 794.510376 | 775.774044 | 763.405416 | 7.019958   | 1           | 801.599976      |
| 3 | 794.580017 | 801.859985 | 794.580017 | 801.599976 | 57.558969 | 795.185576 | 776.285448 | 763.911304 | 4.369995   | 1           | 805.039978      |
| 4 | 800.669983 | 805.770020 | 800.669983 | 805.039978 | 60.023875 | 796.124090 | 776.854845 | 764.456055 | -0.809998  | 0           | 803.330017      |
| 5 | 804.140015 | 806.770020 | 800.780029 | 803.330017 | 58.222935 | 796.810369 | 777.379106 | 764.970942 | -12.209961 | 0           | 790.340027      |
| 6 | 802.549988 | 802.549988 | 788.549988 | 790.340027 | 46.795154 | 796.194146 | 777.635758 | 765.306956 | 0.830017   | 1           | 790.429993      |
| 7 | 789.599976 | 791.450012 | 784.169983 | 790.429993 | 46.872532 | 795.645179 | 777.889109 | 765.639712 | -8.400024  | 0           | 779.619995      |
| 8 | 788.020020 | 788.020020 | 775.929993 | 779.619995 | 39.480532 | 794.118971 | 777.923384 | 765.824881 | -4.059998  | 0           | 777.270020      |

Рис. 2. Исходные данные следования



Рис. 3. График масштабированных цен тестовой выборки

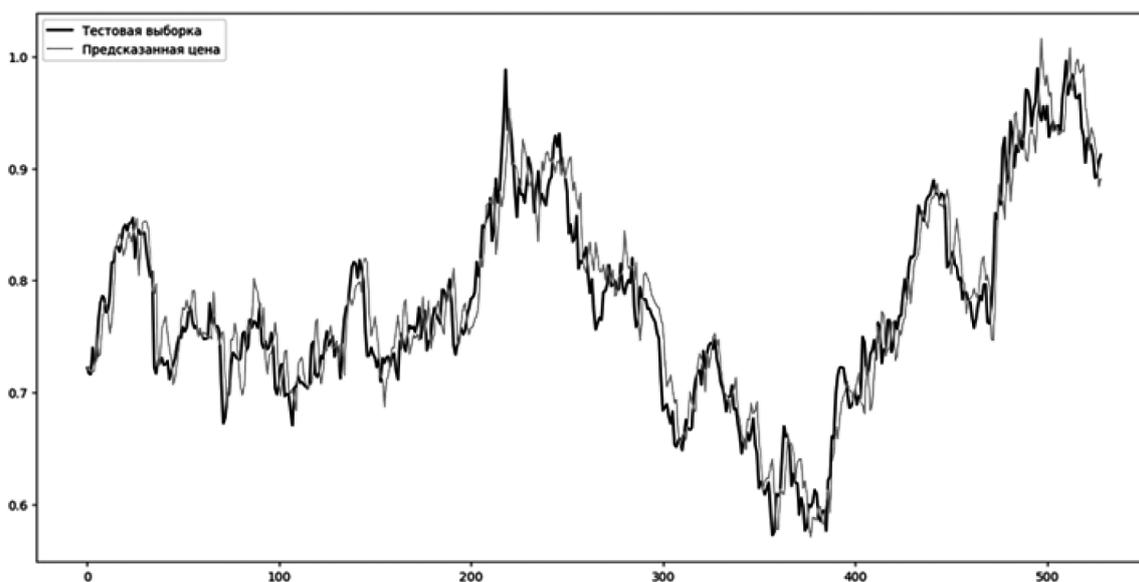


Рис. 4. Графики цен тестовой выборки и предсказанной цены

Коэффициент корреляции имеет значение 0.949, что указывает на сильную положительную связь между фактическими и прогнозными значениями. Это означает, что модель демонстрирует высокую точность в предсказании целевой переменной.

MSE (среднеквадратичная ошибка) является метрикой, которая измеряет среднее значение квадратов разностей между фактическими значениями и прогнозными значениями. В данном случае MSE равно 0.00139, что указывает на низкую среднеквадратичную ошибку модели [14].

R-квадрат ( $R^2$ ) является метрикой, представляющей собой коэффициент детерминации и измеряющей объясненную дисперсию модели. Значение  $R^2$  в диапазоне от 0 до 1, где 1 означает идеальное соответствие между моделью и данными [15]. В данном случае значение  $R^2$  равно 0.8306, что указывает на хорошую объясняющую способность модели, где модель объясняет около 83 % дисперсии в данных.

MAE (средняя абсолютная ошибка) является метрикой, измеряющей среднюю абсолютную разницу между фактическими значениями и прогнозными значениями

[16]. Здесь MAE равно 0.0303, что указывает на низкую среднюю абсолютную ошибку модели.

Результаты метрик указывают на хорошую точность модели и относительно низкую погрешность. Она достаточно точно прогнозирует значения с низкой среднеквадратичной и средней абсолютной ошибкой, а также имеет хорошую предсказательную способность, на что указывает значение R2.

### Заключение

Результаты работы подтверждают, что модели LSTM, благодаря своим особенностям фиксировать долгосрочные зависимости и выявлять сложные закономерности, являются хорошим решением для предиктивного анализа цен активов на финансовых рынках. Применение моделей в торговле может помочь трейдерам и инвесторам принимать обоснованные решения в управле-

нии портфелем ценных бумаг. Модели, построенные на основе LSTM, могут быть использованы для создания автоматических торговых стратегий, основанных на прогнозируемых трендах и сигналах.

Поставленная цель в совокупности с методологией разработки средствами языка программирования Python были успешно применены для анализа и прогнозирования цен товарного фьючерса на золото Gold Aug 23. В результате чего была создана модель LSTM, которая продемонстрировала высокую точность прогнозирования целевой переменной.

Результаты этой работы подтверждают эффективность моделей LSTM при анализе и прогнозировании цен активов на финансовых рынках, что делает их ценными инструментами для трейдеров, инвесторов и исследователей в финансовой области.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Hu Z., Zhao Y., Khushi M. A survey of forex and stock price prediction using deep learning // *Applied System Innovation*. — 2021. — Т. 4. — №. 1. — С. 9.
2. Wu J.M.T. et al. A graph-based CNN-LSTM stock price prediction algorithm with leading indicators // *Multimedia Systems*. — 2021. — С. 1–20.
3. Hansun S., Young J.C. Predicting LQ45 financial sector indices using RNN-LSTM // *Journal of Big Data*. — 2021. — Т. 8. — №. 1. — С. 1–13.
4. Ding G., Qin L. Study on the prediction of stock price based on the associated network model of LSTM // *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*. — 2020. — Т. 11. — С. 1307–1317.
5. Casado-Vara R. et al. Web traffic time series forecasting using LSTM neural networks with distributed asynchronous training // *Mathematics*. — 2021. — Т. 9. — №. 4. — С. 421.
6. Сучев, Н.Е. Реализация метода Монте-Карло для оценки рисков инвестирования в акции / Н.Е. Сучев, Л.П. Пантелеева // *Общество, государство, личность: влияние цифровых технологий: Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х частях, Казань, 29 апреля 2022 года / Под редакцией А.М. Найда. Том Часть 2. — Казань: Университет управления «ТИСБИ», 2022. — С. 223–228. — EDN XBDDGS*
7. Долгов, А.С. Прогнозирование ценовых тенденций криптовалюты на основе нейронных сетей / А. С. Долгов, Л. П. Пантелеева // *Вестник Университета управления «ТИСБИ»*. — 2023. — № 1. — С. 62–70. — EDN QWBXIA
8. Ghosh A. et al. Stock price prediction using LSTM on Indian Share Market // *Proceedings of 32nd international conference on*. — 2019. — Т. 63. — С. 101–110.
9. Yadav A., Jha C.K., Sharan A. Optimizing LSTM for time series prediction in Indian stock market // *Procedia Computer Science*. — 2020. — Т. 167. — С. 2091–2100.
10. Sami H.M. et al. Evaluating the Prediction Accuracy of MACD and RSI for Different Stocks in Terms of Standard Market Suggestions // *Canadian Journal of Business and Information Studies*. — 2022. — Т. 7820. — С. 137–143.
11. Sulistiawan D., Rudiawarni F.A., Feliana Y.K. Examining trading strategies using trend following indicators for Indonesian stock market // *International Journal of Trade and Global Markets*. — 2020. — Т. 13. — №. 1. — С. 52–60.
12. Abdulrazzaq S.T., Omar F.S., Mustafa M.A. Decentralized security and data integrity of blockchain using deep learning techniques // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. — 2020. — Т. 8. — №. 3. — С. 1911–1923.
13. Sim H.S. et al. Is deep learning for image recognition applicable to stock market prediction? // *Complexity*. — 2019. — Т. 2019.
14. Pérez-Rodríguez A. et al. Evaluation of harvest control rules for a group of interacting commercial stocks using a multispecies MSE framework // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. — 2022. — Т. 79. — №. 8. — С. 1302–1320.
15. Purwanti T. The effect of profitability, capital structure, company size, and dividend policy on company value on the indonesia stock exchange // *International Journal of Seecology*. — 2020. — С. 060–066.
16. Jia M. et al. Analysis and research on stock price of LSTM and bidirectional LSTM neural network // *3rd International Conference on Computer Engineering, Information Science & Application Technology (ICCIA 2019)*. — Atlantis Press, 2019. — С. 467–473.

© Сучёв Николай Евгеньевич (kolxz2001@gmail.com); Пантелеева Лейсан Ренатовна (leys.kaz@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Фу Вэньвэй**

Аспирант,

Санкт-Петербургский государственный университет

312833703@qq.com

## ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND MODELS OF SPEECH RECOGNITION BASED ON NEURAL NETWORKS

**Fu Wenwei**

*Summary.* The purpose of this work is to analyze existing methods and models of speech recognition based on neural networks. The features and characteristics of the most effective neural network models used for speech recognition are studied. The positive and negative sides of these models are highlighted. The models were compared and the most promising ones were identified. In conclusion, the paper notes the high prospects of using neural networks and, in particular, the convolution model of a neural network for speech recognition.

*Keywords:* speech, model, neural network, CNN neural network, LSTM neural network, Kohonen neural network.

### Введение

Современная научная революция и продолжающееся технологическое развитие оказывают существенное влияние на все современные сферы жизни мировых государств. Разработка естественных для населения технологий работы с компьютерными системами выступает одной из ключевых задач современного научного общества.

Одной из важнейших является технология, связанная с речевым вводом данных, который представляется наиболее приятным и удобным методом для каждого пользователя. Первоначально разработка методик распознавания речи начиналась с освоения способов выделения информативных данных, которыми можно было бы описать изучаемый звук. После решения данного вопроса внимание было обращено к нахождению решения проблемного вопроса, связанного с осуществлением классификации полученных сигналов с помощью системы информативных признаков [1].

В настоящее время высокой степенью актуальности обладают задачи, связанные с созданием технологий, применяемых для распознавания речи, на основе искусственного интеллекта. Использование речевых интерфейсов представляется наиболее удобным для того, чтобы осуществлять управление компьютером и любыми автоматизированными комплексами, нежели чем применять для этих целей стандартизированные графиче-

*Аннотация.* Цель данной работы заключается в проведении анализа существующих методов и моделей распознавания речи на основе нейронных сетей. Изучены особенности и характерные черты наиболее эффективных моделей нейронных сетей, применяемых с целью распознавания речи. Выделены положительные и отрицательные стороны данных моделей. Проведено сравнение моделей и выделены наиболее перспективные из них. В заключение работы отмечается высокая перспективность применения нейронных сетей и, в частности, конволюционной модели нейронной сети для распознавания речи.

*Ключевые слова:* речь, модель, нейронная сеть, CNN нейронная сеть, LSTM нейронная сеть, нейронная сеть Кохонена.

ческие интерфейсы. С помощью речи конечный пользователь может одновременно решать несколько задач, которые никоим образом не связаны с устройствами, применяемыми для ввода данных в компьютерную систему, потому что его руки будут полностью свободны и могут быть использованы для выполнения других действий. Помимо этого, автоматизированные системы, предназначенные для распознавания речи, можно с успехом применять для проведения автоматизированного стенографирования, перевода текста, автоматизированных справочных центрах и т.п.

Конечно, в настоящее время разработано достаточно большое число готовых решений на основе нейронных сетей, которые используются для распознавания речи, однако каждое из них обладает собственным набором недостатков. В частности, таковыми могут быть низкая точность распознавания речи и высокая степень зависимости работы нейронной сети от доступа к иным системам. Все это делает актуальной задачу анализа существующих методов и моделей распознавания речи на основе нейронных сетей, который, несомненно, сможет выбрать наиболее подходящий вариант для пользователя или же послужит базой для дальнейшего развития и совершенствования подобных систем.

### Материалы и методы

В процессе проведения исследования использовались такие методы, как анализ и синтез имеющегося ма-

териала, обобщение имеющихся сведений по проблемной тематике, индукция.

### Результаты

В процессе распознавания голоса нейронные сети чаще всего применяются на второй стадии расчетов, когда производится вычисление так называемых локальных метрик [2]. Для статистических распознавателей, осуществляющих процесс непрерывного наблюдения, подобного рода метрики выступают в качестве монотонных функций правдоподобия векторных признаков. Используемые речевые распознаватели, имеющие дискретное наблюдение, первоначально осуществляют процесс квантования векторов и определяют для каждого из них уникальные символы из имеющейся таблицы кодов. После этого, на основе данных символов с применением специализированных таблиц, в которых содержится вероятности появления символов для всех уникальных векторов, происходит вычисление локальных метрик. Подобного рода вычисления можно с успехом проводить с помощью однослойных перцептронов [3], внешний вид которых показан на рисунке 1.

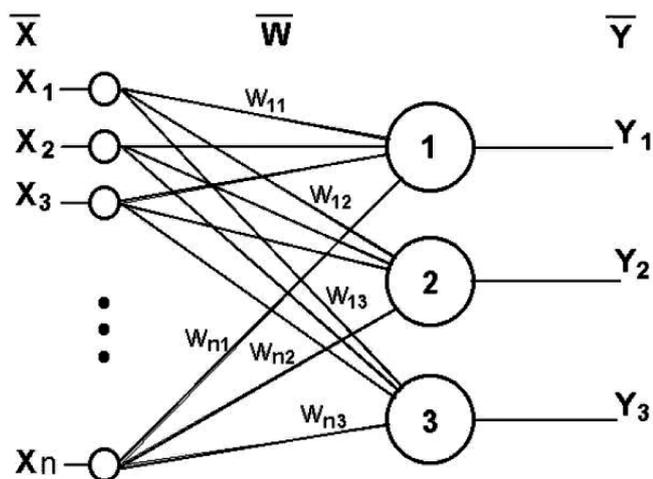


Рис. 1. Однослойный перцептрон [3]

Число узлов таких перцептронов полностью коррелирует с количеством примененных уникальных символов. Количество входов перцептрона совпадает с количеством возможных символов.

Ключевые преимущества использования подобного рода нейронной сети заключаются в простоте аппаратно-программной модели, а также ее реализации, и достаточно высокой скорости обучения. Среди ключевого недостатка можно выделить возможность решения простых задач распознавания голоса, что является не совсем применимым для современных сложных решений.

Процесс квантования векторов можно реализовать с применением нейронной сети Кохонена (см. рисунок 2). Сети подобного вида организованы в виде

двумерного узлового массива, в котором для каждого из вероятных символов имеется свой собственный узел. Узлы производят расчет евклидова расстояния между поступающим на вход сетевым вектором и эталонным значением, который представляется весами узла, по результатам вычисления которого производится выбор узла, который обладает минимальным евклидовым расстоянием. Вес подобной сети может определяться либо на основе алгоритма Кохонена либо любых его модификаций, либо любым из существующих стандартных алгоритмов векторного квантования, в которых метрикой выступает евклидово расстояние [4].

Среди основных преимуществ нейронных сетей Кохонена, применяемых для распознавания речи, можно выделить высокую устойчивость к данным, имеющим высокую шумовую составляющую, наличие возможности упрощения внутренней структуру и легкую обучаемость. Среди ключевых недостатков можно выделить определенность количества кластеров и эвристичность применяемого алгоритма обучения.

Применение многослойных нейросетей (см. рисунок 3) для распознавания речи также является актуальным для задач понижения размерности векторных признаков, которые препроцессор получает в на первом этапе процесса распознавания. Число выходов подобного рода нейронных сетей совпадает с количеством входов. Помимо этого, они имеют в своей структуре один или несколько слоев, в которых размещены скрытые узлы. В процессе обучения многослойной нейронной сети вес будет подбираться таким, чтобы сеть имела возможность интерпретировать на выходе все возможные варианты входного вектора с использованием слоя, в котором расположены скрытые узлы. По завершению процесса обучения выходы таких узлов можно применять как векторы входа, которые обладают меньшей размерностью, с целью проведения последующей обработки и процесса распознавания речи [5].

Среди ключевых преимуществ применения многослойных нейронных сетей можно выделить возможность потокового обучения, поддержку функции распараллеливания и отсутствие использования каждого из входных значений для достаточно больших выборок. Однако, несмотря на это, данные сети обладают определенными недостатками, ключевыми из которых являются достаточно медленная сходимость, достаточно часто возникающие застревания в местных минимумах и, в ряде случаев, отсутствие возможности переобучения сети.

За последние годы наибольший интерес представляет применение динамических нейросетевых классификаторов, которые были разработаны конкретно для задач, связанных с распознаванием речи. В них

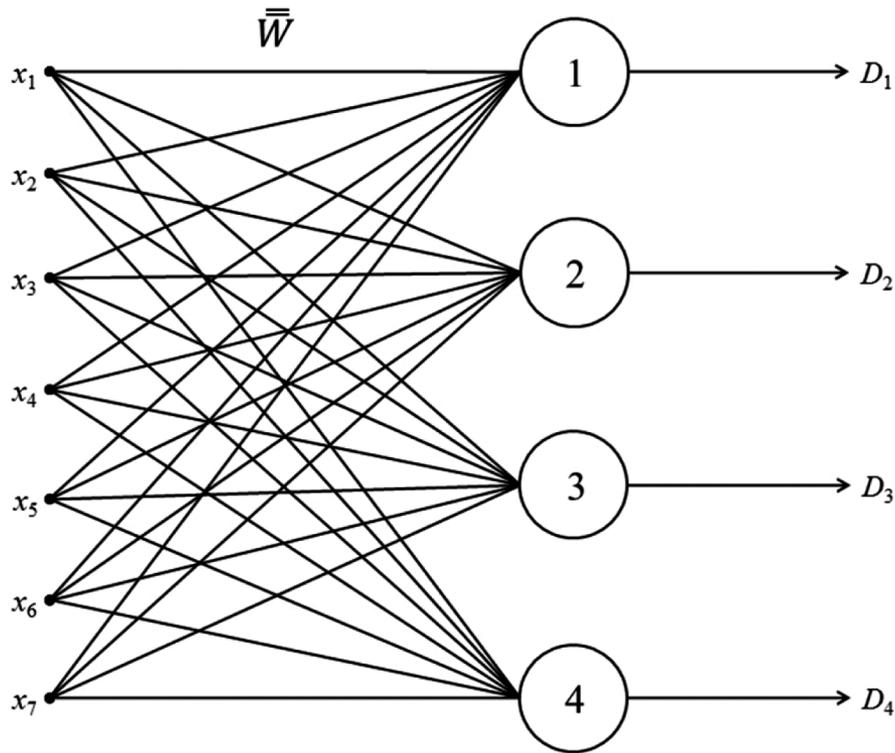


Рис. 2. Нейронная сеть Кохонена [4]

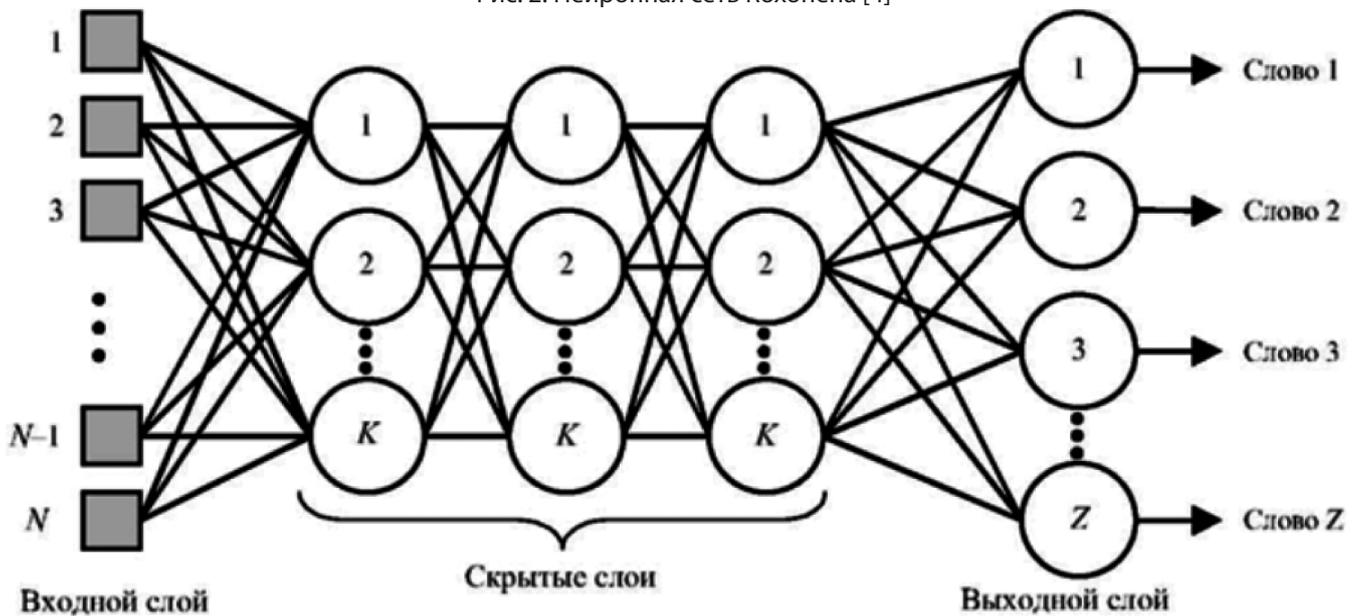


Рис. 3. Структура многослойной нейронной сети для распознавания речи [6]

входят небольшие задержки времени и узлы, которые отвечают за процесс временного интегрирования. В настоящее время они получили название рекуррентных связей. Подобного рода классификаторы являются достаточно устойчивыми к незначительным временным сдвигам, возникающим в выборках при обучении и контроле, вследствие чего для получения высокого результата их работы не нужна идеальная сегментация речевой информации. Применение динамических ней-

ронных сетей для задач, связанных с распознаванием речи, дает возможность избавиться от недостатков, которые были приведены для вышеперечисленных нейронных сетей, что подтверждается проведенными экспериментами [7].

Одним из примеров подобной нейронной сети, которая может использоваться для распознавания речи, является нейронная сеть с временными задержками.

По своей сути архитектура данной нейронной сети основана на многослойном перцептроне, однако каждый из его узлов содержит временные задержки (см. рисунок 4). Данное нововведение делает данную нейронную сеть инвариантной к непродолжительным временным сдвигам.

На следующем рисунке показана архитектура трехслойной нейронной сети с временными задержками, которая может применяться для распознавания не более трех различных фонем. Процесс обработки нейросетью входных векторов аудиоданных схож с прохождением окон временных задержек над образами узлов нижнего уровня. Такая простая структура нейросети с временными задержками является наиболее подходящей для стандартной СБИС-реализации с подгружаемыми весами снаружи [8].

В последнее время большая часть работ в сфере искусственного интеллекта и машинного обучения посвящена сверточным или конволюционным нейронным сетям (CNN) [8-10], которые чаще всего используются для обработки различных изображений и иных типов информации, которую можно преобразовать в изображение. Высокая степень популярности конволюционных нейронных сетей, несмотря на их достаточно высокую сложность, дороговизну обучения и неэффективность процесса обучения без учителя, обусловлена следующими важными преимуществами:

- достаточно высокая точность при решении любых задач, связанных с обработкой различных изображений;
- высокая скорость работы с большими объемами входных данных;
- наличие инвариантности к сдвигу, за счет чего в достаточно сильной степени облегчается процесс обучения данных нейронных сетей.

Конволюционные нейронные сети могут также применяться для распознавания речи, ведь любой аудиосигнал можно разложить на спектр, который в дальнейшем может быть обработан нейросетью. В качестве примера на рисунке 6 приведен пример архитектуры сверточной нейронной сети, которая может быть использована для распознавания голоса.

К числу популярных нейронных сетей, применяемых для распознавания голоса, относится нейронная сеть с «длительной кратковременной памятью» (LSTM) [11]. Нейроны в данной сети обладают существенно более сложной структурой и включают в себя блок памяти, состоящий из гейтов входа, забывания и выхода, который имеет собственные состояния вектора. Для каждого из внутренних векторов характерна одинаковая размерность, которая полностью эквивалентна количеству нейронов в нейросети. На следующем рисунке показана архитектура нейросети и одного из ее слоев.

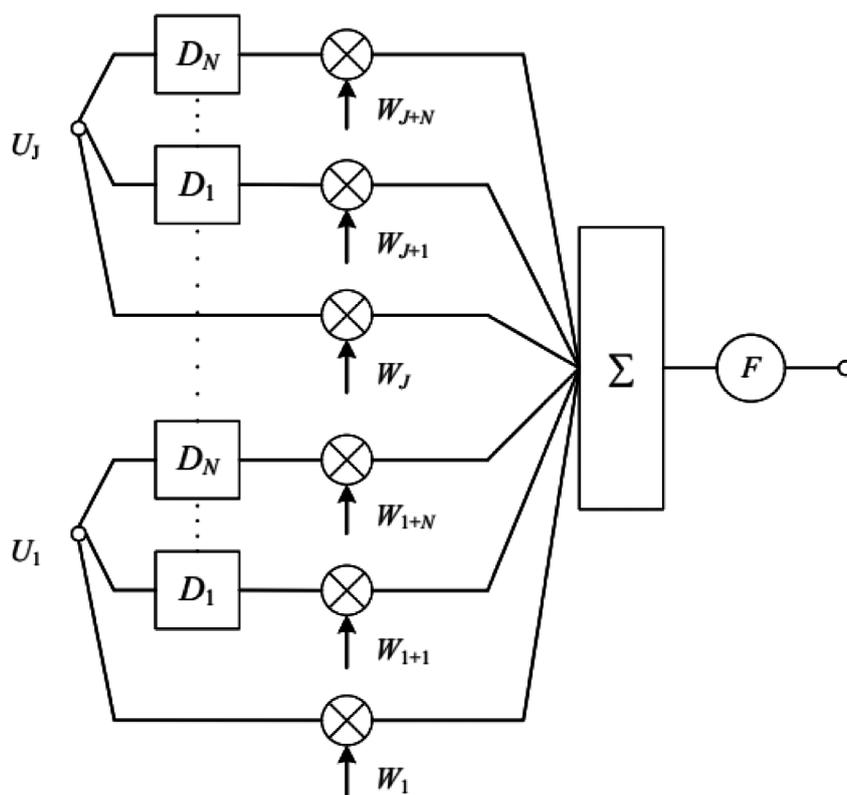


Рис. 4. Схема узла нейронной сети с задержками [8]

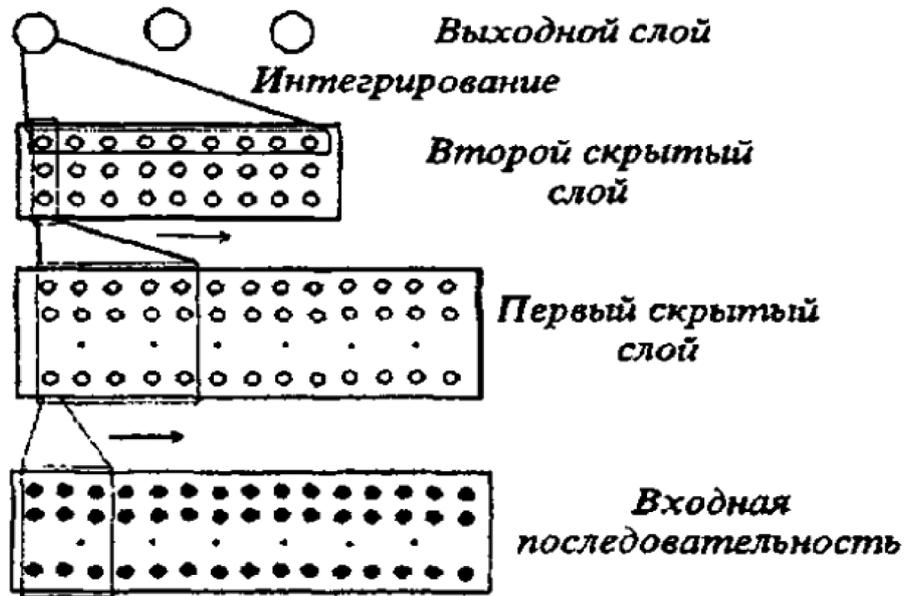


Рис. 5. Архитектура нейронной сети с временными задержками [9]

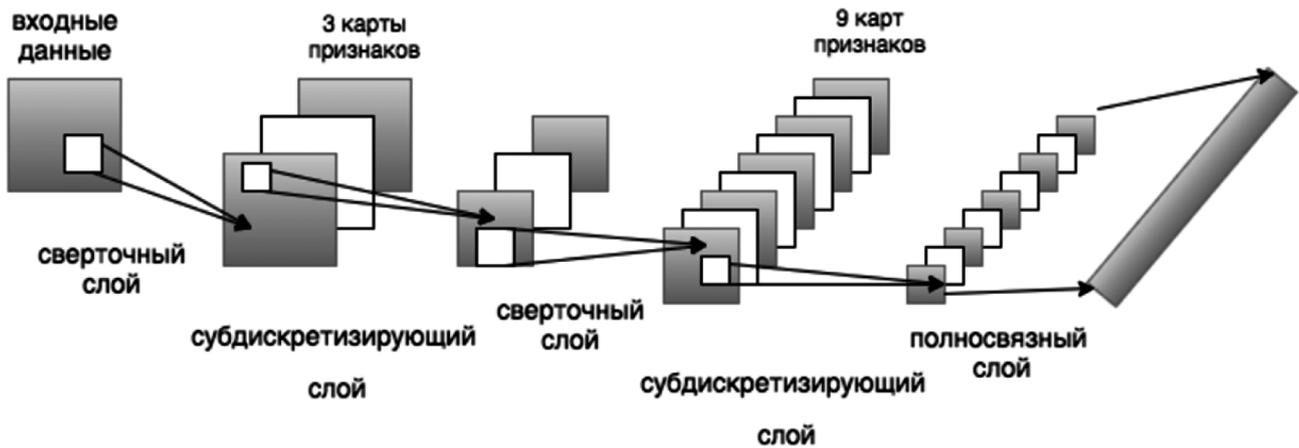


Рис. 6. Сверточные нейронные сети для распознавания голоса [10]

Модель LSTM произвела своего рода революцию в области обработки естественных языков. Она может применяться для предсказания следующего слова на основе предыдущих слов, что может быть использовано, например, для автоматического перевода с одного языка на другой, в системах распознавания речи и в чат-ботах.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что все нейросетевые методы, которые применяются для распознавания речи, дают

возможность существенно увеличить скорость распознавания речи посредством распараллеливания производимых вычислений. Наибольшей перспективностью обладают конволюционные нейронные сети, которые лишены недостатков статических нейронных сетей. Несмотря на это, у данных сетей имеются свои недостатки, вследствие чего это делает актуальным задачу анализа существующих методов и моделей распознавания речи на основе нейронных сетей, который, несомненно, поможет выбрать наиболее подходящий вариант для пользователя или же послужит базой для дальнейшего развития и совершенствования подобных систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Романюк А.Г. Использование глубокого обучения нейросети для распознавания голосовых команд пользователя / А.Г. Романюк, А.Н. Смирнов, В.М. Антонова // Журнал радиотехники. — 2019. — № 11. — С. 10–20.
2. Тампель И.Б. Автоматическое распознавание речи: уч. пос. / И.Б. Тампель, А.А. Карпов. — СПб.: Лань, 2017. — 152 с.
3. Гафаров Ф.М. Искусственные нейронные сети и их приложение: уч. пос./ Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. — Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2018. — 121 с.

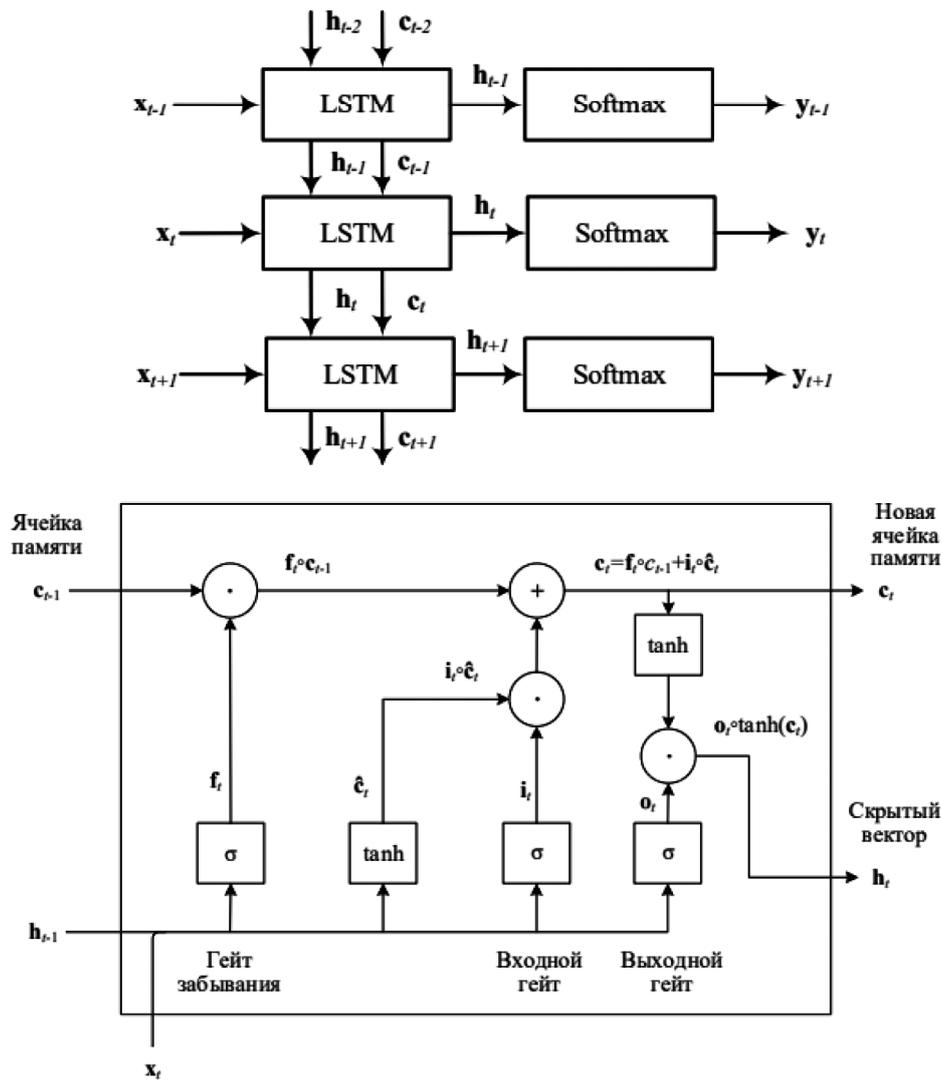


Рис. 7. Архитектура сети и слоя LSTM [8]

4. Кан К.А. Нейронные сети. Эволюция / К.А. Кан. — М.: Литрес, 2018. — 288 с.
5. Вакуленко С.А. Практический курс по нейронным сетям / С.А. Вакуленко, А.А. Жихарева. — СПб: Университет ИТМО, 2018. — 71 с.
6. Данков Н.И. Исследование возможностей нейросетевых технологий в области идентификации голоса / Н.И. Данков // Экономика и качество систем связи. — 2018. — № 3 (9). — С. 47–52.
7. Назаров М.Н. Нейронные сети с динамическими коэффициентами и перестраиваемыми связями на основе интегрированного обратного распространения / М.Н. Назаров // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. — 2018. — № 28 (2). — С. 260–274.
8. Кипяткова И.С. Методы и модели автоматического распознавания речи: уч. пос. / И.С. Кипяткова, А.А. Карпов, С.В. Кулешов, А.А. Зайцева. — СПб ФИЦ РАН, 2021. — 116 с.
9. Гапочкин А.В. Нейронные сети в системах распознавания речи / А.В. Гапочкин // Science Time. — 2014. — № 1. — С. 29–36.
10. Скрипачев В.О. Особенности работы сверточных нейронных сетей / В.О. Скрипачев, М.В. Гуйда, Н.В. Гуйда, А.О. Жуков // International Journal of Open Information Technologies. — 2022. — № 12 (10). — С. 53–61.
11. Гусенков А.М. Генерация поисковых запросов на основе нейронных сетей / А.М. Гусенков, А.Р. Ситтикова // Научный сервис в сети Интернет: труды XXII Всероссийской научной конференции. Москва, 21–25 сентября 2020 г. — М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2020. — С. 210–228.

## КЛЕТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

## CELL TECHNOLOGIES IN ZONES OF DENTAL IMPLANTATION

**D. Azizova  
A. Khairutdinova  
R. Hafizov**

*Summary.* The main goal of this study was to improve the method of guided bone regeneration by using special materials containing adipose tissue cells. This method is intended to restore bone tissue defects in the area of dental implantation. Stem cells, which have the ability to transform into various types of cells, are increasingly used in reparative processes in medicine, including dentistry. To deliver these cells to precisely defined locations, special bioinert carrier materials are used that must meet specific requirements.

*Keywords:* stromal-vascular fraction, adipose tissue, osteoconductive materials, titanium nickelide, implantation.

**Азизова Дина Анваровна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Казанский федеральный университет  
Duim-09@mail.ru

**Хаирутдинова Айгуль Рафиковна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Казанский федеральный университет  
ajgele4ka@mail.ru

**Хафизов Раис Габбасович**

Доктор медицинских наук, профессор,  
Казанский федеральный университет  
implantstom@bk.ru

*Аннотация.* Основной целью данного исследования было усовершенствование метода направленной регенерации кости путем применения особых материалов, содержащих клетки жировой ткани. Этот метод предназначен для восстановления дефектов костной ткани в области дентальной имплантации. Стволовые клетки, обладающие способностью превращаться в различные типы клеток, все более широко применяются в репаративных процессах в медицине, включая стоматологию. Для доставки этих клеток в точно определенные места используются специальные биоинертные материалы-носители, которые должны соответствовать определенным требованиям.

*Ключевые слова:* стромально-васкулярная фракция, жировая ткань, остеокондуктивные материалы, никелид титана, имплантация.

На сегодняшний день одной из распространенных патологий в структуре стоматологических заболеваний во всех возрастных группах является адентия [2]. Отсутствие зубов составляет 15 % всей патологии зубочелюстной системы. Дефекты зубных рядов во фронтальной области составляют 8,55 %; в области боковых зубов — 63,19 %. Включенные дефекты зубных рядов составляют 71,74 % адентии; концевые — 28,26 % [1]. В последнее время применяются различные методы, направленные на увеличение и оптимизацию параметров альвеолярных отростков. Нарращивание же костной ткани в зоне сегментарного дефекта челюстей с использованием остеокондуктивных материалов, насыщенных стромально-васкулярной фракцией жировой ткани, является перспективной методикой увеличения кости в объеме [5].

Особый интерес биологов и врачей вызывают клетки стромально-васкулярной фракции, получаемые из жировой ткани (СВФЖТ) [8,9]. Они соответствуют следующим требованиям: удовлетворяют нормам законодательства и этики, риск малигнизации стволовых клеток в процессе их культивирования контролируем и минимизирован, чтобы обеспечить безопасность пациента [7], и в посттрансплантационном периоде, после пересадки стволовых клеток обеспечена правильная дифференци-

ация и интеграция клеток в организме получателя. Это сложный процесс, требующий дальнейших исследований и разработок, чтобы достичь оптимальных результатов. Так же очень важным остается вопрос выбора остеокондуктивного вещества, которая является подложкой, основанием для стромально-васкулярной фракции жировой ткани. Основные требования к этому материалу включают: способность поддерживать жизнедеятельность клеток и доставлять их в поврежденные области, наличие пористой структуры, высокая прочность и возможность 3D-моделирования. Такой материал должен обеспечивать нормальный рост, пролиферацию и дифференциацию клеток стромально-васкулярной фракции, а также сохранять объем альвеолярного отростка в течение определенного времени и не вызывать воспалительных реакций [5].

В качестве матрикса для клеток использовался биосовместимый мел-когранулированный пористый порошок из никелид титана с размерами пор от 0,1–1000 мкм, полученный методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Структура матрикса из пористого проникаемого никелида титана представляет собой трехмерное поровое пространство, морфологическое строение которого типично для высокопористых материалов. Пористый материал имеет большую

удельную поверхность, обусловленную наличием в нем системы открытых и взаимосвязанных пор. Поверхность стенок пор очень развита, она рельефная и шероховато-микропористая. Развитая шероховато-микропористая поверхность пор и наличие большого количества мелких пор в стенках крупных пор, где всегда есть питательная среда, являются подходящими условиями для роста и размножения клеток [5].

Таким образом, использование клеток СВФЖТ и остеокондуктивного материала может быть эффективным подходом для регенерации костной ткани в области дентальной имплантации и других областях стоматологии.

*Цель данного исследования:* определение эффективности применения стромально-вазкулярной фракции жировой ткани на пористых гранулах никелида титана при направленной костной регенерации в челюстно-лицевой области.

#### Материалы и методы исследования

Для определения эффективности применения стромально-вазкулярной фракции жировой ткани на остеокондуктивном носителе при НКР в челюстно-лицевой области были проведены следующие исследования:

1. Экспериментальное наращивание костной ткани в области верхней и нижней челюсти у 12 собак с использованием стромально-вазкулярной фракции жировой ткани на пористых гранулах никелида титана, клиническую и рентгенологическую оценку полученной ткани.
2. Определение качественного и количественного состава костной ткани, полученной из области НКР у экспериментальных животных, а также изучения рельефа и поверхности костной ткани с помощью сканирующей электронной микроскопии.
3. Изучение гистологических препаратов, взятых из области НКР у экспериментальных собак.
4. Клинические исследования на добровольцах, которым была проведена процедура НКР в области недостаточного объема костной ткани с использованием стромально-вазкулярной фракции жировой ткани на пористых гранулах никелида титана.

Стромально-вазкулярная фракция жировой ткани (СВФЖТ) имеет свойство растекаться, ее сложно фиксировать в определенном объеме, в связи с этим в качестве остеокондуктивного препарата использовался никелид-титановый пористый порошок. За счет пористости он имеет свойство 3д планирования, обладает возможностью поддерживать определенный созданный объем, каркас будущей кости, обеспечивает рост, пролиферацию и дифференциацию клеток стромально-вазкулярной фракции, что в последующем приводит к формированию полноценной зрелой костной ткани.

Были сформированы 2 группы экспериментов на собаках. Первая — основная группа, где в искусственно созданном дефекте костной ткани были проведены операции НКР с использованием стромально-вазкулярной фракции жировой ткани на пористых гранулах никелида титана. Вторая — контрольная, где в искусственно созданном дефекте костной ткани были проведены операции НКР без использования стромально-вазкулярной фракции жировой ткани, но с использованием пористого порошка из никелида титана. На в сроках 1, 3 и 6 месяцев был проведен клинический осмотр и рентгенологическая диагностика полученных тканей в области эксперимента.

Далее на сроках 1, 3, 6 месяцев забиралась готовая вновь сформированная ткань, которая изучалась на гистологических срезах и на электронном сканирующем микроскопе.

Клиническая апробация была проведена на 32 пациентах с недостаточным объемом костной ткани с дальнейшей установкой 58 дентальных имплантатов.

#### Результаты и их обсуждение

Сравнительная клиническая оценка у первой и второй групп экспериментальных собак показал, что в первой группе объемы наращенной ткани превышали таковые в контрольной группе, где пористый никелид-титановый порошок использовался без стромально-вазкулярной фракции, полученной из жировой ткани. Рентгенологическая картина подтвердила гипотезу о том, что клетки стромально-вазкулярной фракции проникают в пористые гранулы никелида титана, дифференцируют, пролиферируют и способствуют образованию трехмерной структуры вновь образованной костной ткани. На рентгенологической картине четко было видно, то пористые гранулы внутри костной ткани, «проросли» костными балками и «встроились» в 3д структуру кости. В контрольной группе тоже было образование достаточного объема костной ткани, но кость имела менее выраженный балочный рисунок и пористые гранулы оставались по границам новой ткани, были больше сосредоточены на поверхности.

Метод сканирующей электронной микроскопии позволил нам детально изучить поверхность костной ткани. Измерения проводились с использованием сканирующего электронного микроскопа, с разрешением спектрометра в 127 эВ и глубиной зондирования порядка 1 микрона. Так же с помощью этого метода был определен качественный и количественный состав блоков, полученных у экспериментальных собак на сроках 1, 3, 6 месяцев. Были определены химические составляющие: кальций, фосфор, сера, азот, кислород и углерод. Так же отдельно рассматривали распределение кальция (Ca)

и фосфора (P). Оно оказалось в зависимости от сроков разным, уровни Ca и P повышаются к 6 месяцам [1 месяц — 8,37 (Ca), 3,76 (P); 3 месяца — 12,27 (Ca), 5,20 (P); 6 месяцев — 26,49 (Ca), 13,76 (P)]. Несмотря на неоднородное распределение элементов, связь между Ca и P сохраняется и составляет 2:1 в большинстве наблюдений, что соответствует норме. Особенно эта связь выражена на костных блоках сроком 6 месяцев.

Для более детального изучения вновь образованной ткани были получены 75 гистологических препарата. Они были изготовлены из блоков, взятых у экспериментальных собак на сроках 1, 3, 6 месяцев.

Сравнительная оценка гистологических срезов показала, что при использовании стромально-васкулярной фракции жировой ткани сроки созревания костной ткани сокращаются практически в 1.5 раза. На гистологических препаратах из первой группы в пространстве под мембраной уже к первому месяцу обнаружилось формирование зрелой волокнистой соединительной ткани. А вокруг никелид-титановых гранул была сформирована грубоволокнистая кость балочного строения, которая к 3 месяцам гистологически определялась как незначительные участки с балками в пластинчатой кости. Полное созревание костной ткани можно было наблюдать к 6 месяцам. Тогда на гистологических срезах четко прослеживались гаверсовы каналы, кровеносные сосуды в пластинчатой кости. Пористые гранулы из никелида титана вплелись в структуру ячеек пластинчатой кости.

В контрольной группе к 6 месяцам формировалась грубоволокнистая костная ткань. Процесс восстановления костной ткани при использовании пористого порошка из никелида титана без стромально-васкулярной фракции, полученной из жировой ткани, шел медленнее.

Экспериментально было доказано, что пористый порошок из никелида титана является идеальной тканеинженерной конструкцией, «инкубатором» для роста, дифференцировки и пролиферации клеток стромально-васкулярной фракции жировой ткани для направленной регенерации костной ткани при дефектах челюстей, которая создает благоприятные условия для их роста и развития. Далее уже в клинических условиях были проведены 32 операции с использованием стромально-васкулярной фракции жировой ткани для направленной регенерации костной ткани при дефектах челюстей с дальнейшей установкой 58 дентальных имплантатов. Была отработана методика, четко определены требования к использованию стромально-васкулярной фракции жировой ткани для направленной регенерации костной ткани.

В результате исследований доказана высокая эффективность применения стромально-васкулярной фракции жировой ткани на пористых гранулах никелида-титана при направленной костной регенерации в челюстно-лицевой области. Так же это подтверждается высокой эффективностью ортопедических конструкций, у которых показатели функционирования имплантатов составили 0.9–1.0 в срок 1 год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бухарбаев А.К., Чебан М.А. Особенности несъемного протезирования с опорой на дентальных имплантах // Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной, клинической медицины и фармации: материалы 53-й ежегодной Всероссийской конференции студентов и молодых ученых, посвященной 90-летию доктора медицинских наук, профессора, члена-корреспондента Российской Академии Естествознания Бышевского Анатолия Шулимовича. — 2019. — С. 320–321.
2. Вафина К.И., Житко А.К., Житко Р.К. Постоянное протезирование на имплантате // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2023. — №03. — С. 146–150 DOI 10.37882/2223–2966.2023.03.05
3. Возможности применения аллогенных мезенхимных стволовых клеток адипогенного происхождения в комбинации с наноструктурным никелидом титана в ветеринарной медицине /Азизова Д.А., Закирова Е.Ю., Ризванов А.А. [и др.] // Качество оказания медицинской стоматологической помощи: способы достижения, критерии и методы оценки: сборник статей Международной научно-практической конференции. — Казань, 2016. — С. 35–43
4. Предклинические исследования применения продуктов клеточных технологий в дентальной имплантологии / Хафизов Р.Г., Ризванов А.А., Хафизова Ф.А. [и др.] // МАЭСТРО стоматологии. — 2016. — №62. — С.39–43
5. Применение клеток стромально-васкулярной фракции из жировой ткани для замещения сегментарного дефекта гребня альвеолярного отростка челюсти собаки: экспериментальный случай /Хаирутдинова А.Р., Хафизова Ф.А., Миргазизов М.З. [и др.]// Гены и Клетки. — 2015. — Том 10, №4. — Р.110–113
6. Хаирутдинова А.Р., Закирова Е.Ю., Осин Ю.Н., Хафизов Р.Г. Рентгеноспектральный анализ новообразованной костной ткани в зонах дентальной имплантации // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2020. — № 3–4 (49–50). — С. 44–48
7. Экспериментально-морфологическое обоснование применения стромально-васкулярной фракции жировой ткани для наращивания костной ткани в зонах дентальной имплантации / Хафизов И.Р., Хафизова Ф.А., Закирова Е.Ю., Хаирутдинова А.Р. [и др.]// Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. 2015. № 5. С. 199–201
8. Коррекция дефекта мягких тканей лица с применением аутогенной жировой ткани, обогащенной клетками стромально-васкулярной фракции / Масгутов Р.Ф., Ризванов А.А., Салафутдинов И.И. [и др.] // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия — 2012— №3. — С. 177–179.
9. Применение клеток стромально-васкулярной фракции жировой ткани при ложном суставе бедренной кости: клинический случай / Масгутов Р.Ф., Салихов Р.З., Плаксейчук Ю.А. [и др.] // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия — 2013 — №3. С. 116–118.

© Азизова Дина Анваровна (Duim-09@mail.ru); Хаирутдинова Айгуль Рафиковна (ajgele4ka@mail.ru); Хафизов Раис Габбасович (implantstom@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ЗАВИСИМОСТЬ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНЫХ СУСТАВОВ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ПЕРЕДНИХ ЗУБОВ У ЛИЦ С ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ВИДАМИ ОККЛЮЗИИ

## FEATURES OF ANGULAR PARAMETERS OF TEETH WITH DIFFERENT TYPES OF DENTAL ARCHES

**O. Borisova  
S. Fischev  
A. Sevastyanov  
M. Rozhkova  
S. Pavlova  
A. Shtorina  
M. Puzdyreva  
N. Fernando**

*Summary.* Proper diagnosis and rational treatment of malocclusion is a very important component in modern orthodontics. Particular disputes among orthodontists are caused by diagnostic methods associated with the dependence of the state of the masticatory muscles and elements of the temporomandibular joints on the position of the front teeth. The difficulty at the stage of diagnosis is due to the lack of information about the topographic features of the location of the teeth in various intrusive variants of dental arches.

*Keywords:* orthodontics, orthopedics, malocclusion, intrusive variants of dental arches.

**Борисова Ольга Дмитриевна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
osipovaod@mail.ru

**Фищев Сергей Борисович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ  
super.kant@yandex.ru

**Севастьянов Аркадий Владимирович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ  
ardy.dkr@mail.ru

**Рожкова Мария Геннадьевна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
rozmaria2010@yandex.ru

**Павлова Светлана Георгиевна**

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
svetap\_75@mail.ru

**Шторина Анастасия Александровна**

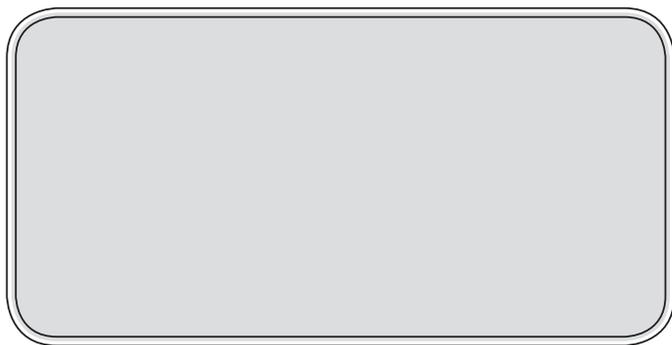
К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
nastiya78@mail.ru

**Пуздырева Маргарита Николаевна**

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
seven-spb@yandex.ru

**Фернандо Нина Владимировна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
toprikova@mail.ru



**Д**иагностика аномалий и деформаций зубных дуг не вызывает затруднений у клиницистов, а предварительный диагноз ставится на основании современных классификаций [1, 2].

В алгоритмы диагностики окклюзионных нарушений включены рентгенологические методы исследования, среди которых наиболее распространенными являются ортопантомография, телерентгенография и магнитно-резонансная томография [3, 4, 6, 7].

При аномалиях формы и размеров денто-альвеолярных арок после проведения диагностических мероприятий, одним из этапов является планирование ортодонтического лечения и конструирование прогнозируемой зубной дуги с учетом торковых значений передних зубов [8, 9].

Однако многообразие методов исследования и погрешности построения конструируемых зубных дуг, нацеливает на проведение дополнительных исследований, направленных на графическую репродукцию арок при аномалиях их формы и размеров. Особое внимание в последнее время уделяется зависимости положения передних зубов от состояния элементов височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС) [10, 11, 12].

Таким образом, приведенный анализ данных показывает, что выбранное направление является актуальным, практически значимым и поможет в решении эффективности лечения пациентов с аномалиями и деформациями зубных дуг.

#### Цель исследования

Повышение эффективности диагностики зубочелюстных аномалий за счет оптимизации методов определения зависимости состояния элементов ВНЧС от положения передних зубов.

#### Материалы и методы исследования

Из 108 человек с различными физиологическими вариантами окклюзионных взаимоотношений у 32 человек

*Аннотация.* Правильная диагностика и рациональное лечение аномалий прикуса является в современной ортодонтии очень важным компонентом. Особые споры у врачей-ортодонтот вызывают методы диагностики, связанные с зависимостью состояния жевательной мускулатуры и элементов височно-нижнечелюстных суставов от положения передних зубов. Трудность на этапе диагностики связана с недостаточностью сведений о топографических особенностях расположения зубов при различных трюзионных вариантах зубных дуг.

*Ключевые слова:* ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, трюзионные варианты зубных дуг.

был протрузионный тип денто-альвеолярных арок, у 29 человек ретрузионный и у 47 человек мезотрузионный тип дуг. Проводилось морфологическое и функциональное исследование, которое позволило выявить особенности челюстно-лицевой области с учетом протрузионно-ретрузионного типа дентально-альвеолярных дуг и разработать методы исследования для диагностики аномалий их формы и размера.

#### Результаты исследования

У всех пациентов группы сравнения определялись основные ключи окклюзии по Эндрюсу. Величина перекрытия верхних передних зубов в сагиттальном направлении соответствовала величине перекрытия в вертикальном направлении.

У людей группы сравнения величина угла, образованного условными вертикальными осями верхних и нижних резцов, составляла  $134,28 \pm 5,37$  градуса, при среднем квадратичном отклонении 7,3 градуса. Данные расчёты свидетельствовали о том, что вариационный ряд был неоднородным по составу и отмечался высокий разброс цифровых показателей.

С учетом полученных сведений о величине межрезцового угла, позволила нам цифровые показатели в 125–145 градусов, отнести к нейтральному (мезотрузионному) типу положения резцов с их стандартными торковыми значениями.

При увеличении угла более 145 градусов, пациентов относили к группе людей с ретрузионным положением резцов, а при величине межрезцового угла менее 125 градусов — к протрузионному типу зубных дуг.

Таким образом, распределение пациентов на подгруппы было обусловлено особенностями расположения передних зубов, в частности, величиной межрезцового угла.

У людей 1 подгруппы отмечалась физиологическая протрузия зубов (менее 125 градусов), во второй подгруппе была физиологическая ретрузия (межрезцовый

угол более 145 градусов), а в третьей подгруппе определялась мезотрузионное положение передних зубов (межрезцовый угол варьировал от 125 до 145 градусов).

Таким образом, при физиологической окклюзии, определялось три основных типа зубных дуг: протрузионный, ретрузионный и мезотрузионный. Результаты исследования угловых параметров между вертикальными осями медиальных резцов приведены в таблице с учетом типа зубных дуг (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели межрезцового угла (в градусах) у людей группы сравнения с учетом типа зубных дуг

| Типы зубных дуг                   | Величина межрезцового угла |      |
|-----------------------------------|----------------------------|------|
|                                   | М                          | m    |
| протрузионные дуги (1 подгруппа)  | 117,5                      | 5,76 |
| ретрузионные дуги (2 подгруппа)   | 149,7                      | 4,69 |
| мезотрузионные дуги (3 подгруппа) | 135,5                      | 6,18 |

Результаты исследования показали, что у людей 1 подгруппы межрезцовый угол был достоверно меньше, чем у людей других подгрупп ( $p \leq 0,05$ ). В тоже время у людей с ретрузионным типом зубных дуг (2 подгруппа), межрезцовый угол был значительно больше, чем у людей других подгрупп.

Особенности наклона резцов у пациентов исследуемых групп представлены на рентгенограммах (рис. 1).

Особенности расположение передних зубов, по нашему мнению, отражается на форме костных структур нижнечелюстного сустава. Показатели параметров элементов сустава у людей группы сравнения с зубными дугами протрузионного (подгруппа 1), ретрузионного (подгруппа 2) и мезотрузионного (подгруппа 3) типов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели параметров костных структур нижнечелюстного сустава у людей группы сравнения с учетом типа зубных дуг

| Параметры костных структур сустава | Величина параметров сустава у людей: |             |             |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
|                                    | 1 подгруппы                          | 2 подгруппы | 3 подгруппы |
| Ширина ямки (мм)                   | 21,5±0,11                            | 15,4±0,12   | 18,2±0,08   |
| Высота ямки (мм)                   | 7,8±0,06                             | 10,9±0,07   | 9,0±0,07    |
| Ширина головки (мм)                | 9,5±0,05                             | 8,7±0,02    | 9,1±0,07    |
| Высота головки (мм)                | 4,9±0,05                             | 4,5±0,03    | 4,8±0,05    |
| Индекс ямки (%)                    | 36,28±0,12                           | 70,78±0,9   | 49,45±0,18  |
| Индекс головки (%)                 | 51,58±0,51                           | 51,72±0,3   | 52,75±0,9   |
| Модуль ямки (мм)                   | 14,65±0,09                           | 13,15±0,04  | 13,6±0,12   |
| Модуль головки (мм)                | 7,2±0,04                             | 6,6±0,02    | 6,9±0,05    |

У людей 1 подгруппы группы сравнения, при физиологической протрузии передних зубов, ширина суставной ямки (сагиттальный размер) составляла 21,5±0,11 мм. При этом вертикальный размер ямки (высота) была 7,8±0,06 мм. В связи с этим при математическом расчете индекс суставной ямки (процентное отношение высоты ямки к её ширине) составляла 36,28±0,12 % и соответствовала широкому и низкому типу сустава (брахитемпоральный тип). Расчётный модуль суставной ямки (суммарная величина показателей высоты и ширины, делённая на два) составлял 14,65±0,09 мм. Сагиттальный размер суставной головки преобладал над размерами в вертикальном направлении, в связи с чем, индекс суставной головки был 51,58±0,51 %. Модуль суставной головки составлял 7,2±0,04 мм.

Размеры суставной головки были в два раза меньше, размеров суставной ямки и процент конгруэнтности сустава у людей 1 подгруппы составлял 49,15±0,51 %.

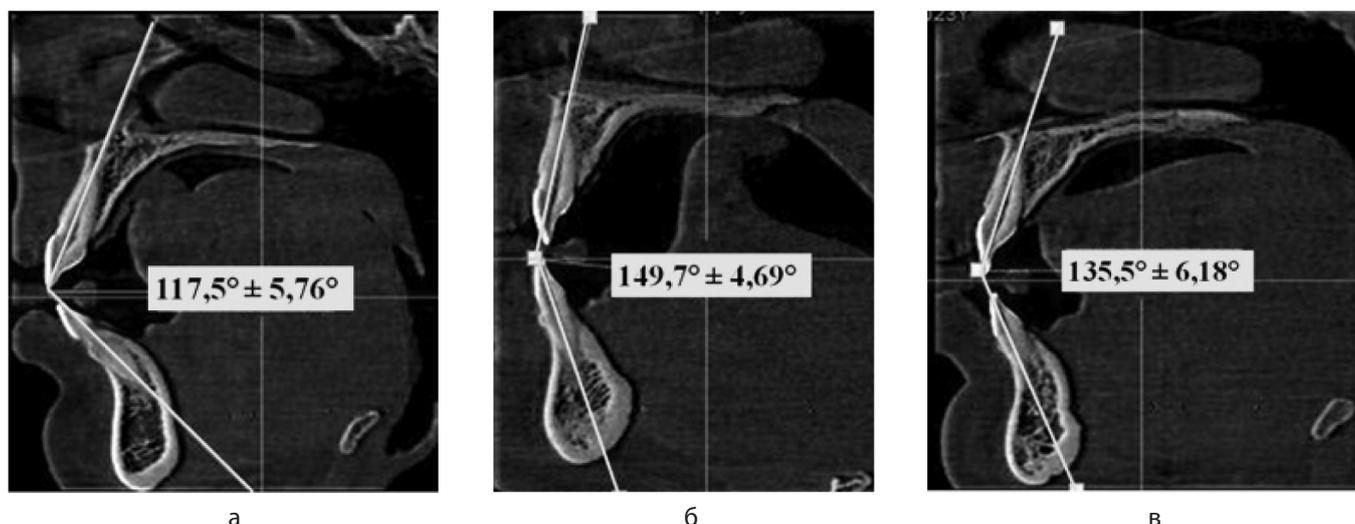


Рис. 1. Варианты межрезцового угла у людей группы сравнения с зубными дугами протрузионного (а), ретрузионного (б) и мезотрузионного (в) типов

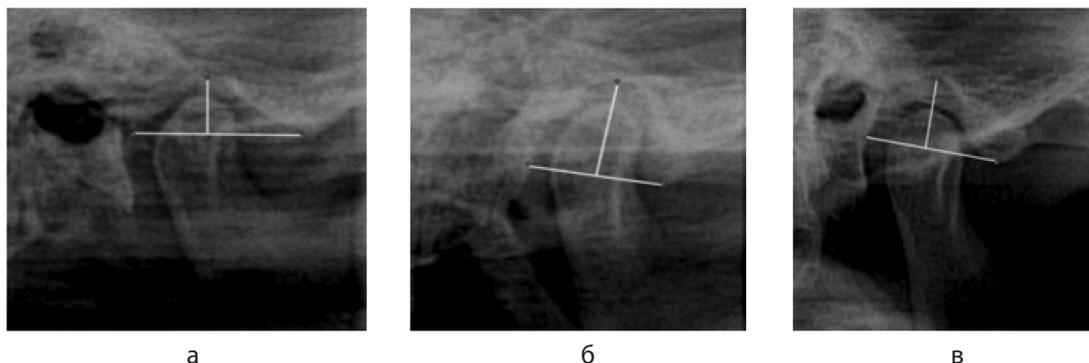


Рис. 2. Рентгенограммы нижнечелюстного сустава у людей группы сравнения с зубными дугами протрузионного (а), ретроуззионного (б) и мезотрузионного (в) типов

У людей 2 подгруппы группы сравнения, при физиологической ретроуззии передних зубов, ширина суставной ямки (сагиттальный размер) составляла  $15,4 \pm 0,12$  мм, что было достоверно меньше, чем у людей 1 подгруппы ( $p \leq 0,05$ ). Вертикальный размер ямки (высота) был  $10,9 \pm 0,07$  мм. Данный параметр был достоверно больше ( $p \leq 0,05$ ), чем у людей с физиологической протрузией передних зубов. В связи с этим при математическом расчете индекс суставной ямки (процентное отношение высоты ямки к её ширине) составляла  $70,78 \pm 0,9$  %. Суставная ямка относилась к узкому и высокому типу сустава (долхотемпоральный тип). Расчётный модуль суставной ямки составлял  $13,15 \pm 0,04$  мм.

Сагиттальный размер суставной головки преобладал над размерами в вертикальном направлении, в связи с чем, индекс суставной головки был  $51,72 \pm 0,3$  %. Модуль суставной головки составлял  $6,6 \pm 0,02$  мм.

Размеры суставной головки, так же как и у людей 1 подгруппы, были в два раза меньше, размеров суставной ямки и процент конгруэнтности сустава у людей 2 подгруппы составлял  $50,19 \pm 0,57$  % и достоверных различий, при сравнении с 1 подгруппой, по данному показателю не выявлено ( $p \geq 0,05$ ).

У людей 3 подгруппы группы сравнения, при физиологической мезотрузии передних зубов, ширина суставной ямки (сагиттальный размер) составляла  $18,2 \pm 0,08$  мм, что было достоверно меньше, чем у людей 1 подгруппы ( $p \leq 0,05$ ), но достоверно больше, чем у людей 2 подгруппы. Вертикальный размер ямки (высота) со-

ставлял  $9,0 \pm 0,07$  мм. Данный параметр был больше, чем у людей с физиологической протрузией, но меньше, чем при ретроуззии передних зубов. В связи с этим при математическом расчете индекс суставной ямки (процентное отношение высоты ямки к её ширине) составляла  $49,45 \pm 0,18$  %. Суставная ямка относилась к мезотемпоральному типу. Расчётный модуль суставной ямки составлял  $13,6 \pm 0,12$  мм.

Сагиттальный размер суставной головки, также как и у людей других подгрупп, преобладал над размерами в вертикальном направлении, в связи с чем, индекс суставной головки был  $51,72 \pm 0,3$  %. Модуль суставной головки составлял  $6,6 \pm 0,02$  мм.

Размеры суставной головки, так же как и у людей 1 подгруппы, были в два раза меньше, размеров суставной ямки и процент конгруэнтности сустава у людей 3 подгруппы составлял  $52,75 \pm 0,9$  % и достоверных различий, при сравнении с показателем пациентов 1 и 2 подгрупп, по данному показателю не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Таким образом, форма и размеры костных элементов височно-нижнечелюстного сустава определяются положением передних зубов, что отражено на рентгенограммах суставов (рис. 2).

Расположение передних зубов влияет на форму и расположение элементов височно-нижнечелюстных суставов и определяет тип зубочелюстных дуг, что отражается на основных параметрах зубных дуг, в частности, на размерах в трансверсальных, сагиттальных и диагональных направлениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Н.А. Оценка методов исследования нормодонтных зубных дуг мезогнатического типа / Н.А. Васильева, М.Н. Пуздырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2. — С. 170–174.
2. Кондратюк А.А. Особенности размеров зубов у людей с нормодонтным брахиогнатическим типом зубных дуг. / А.А. Кондратюк, М.Н. Пуздырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2. — С. 228–232.
3. Орлова И.В. Оценка результатов исследования макродонтных зубных дуг мезогнатического типа / И.В. Орлова, С.Б. Фищев, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 5. — С. 150–153.
4. Павлова С.Г. Изучение результатов исследования микродонтных зубных дуг мезогнатического типа / С.Г. Павлова, И.В. Орлова, С.Б. Фищев, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 5. — С. 154–157.
5. Пуздырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
6. Рожкова М.Г. Результаты исследования макродонтных зубных дуг долихогнатического типа / М.Г. Рожкова, С.Г. Павлова, Н.А. Васильева и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 8. — С. 201–204.
7. Фищев С.Б. Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными долихогнатическими зубными дугами / С.Б. Фищев, А.Г. Климов, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2-2. — С. 226–230.
8. Fischev S.B., Puzdyryova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
9. Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdrev M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // Archiv euromedica. — 2019. — vol. 9, Num. 3. — P. 91–96.
10. Puzdyryova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv euromedica. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P.162–163.
11. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // Sci. Rep. — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
12. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // J. Dent. Res. — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Борисова Ольга Дмитриевна (osipovaod@mail.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru);  
Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru);  
Павлова Светлана Георгиевна (svetap\_75@mail.ru); Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru);  
Пуздырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Фернандо Нина Владимировна (toprikova@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ У БОЛЬНЫХ С ПРЕДРАКОМ И РАКОМ ГОРТАНИ

### CHANGES IN SEX HORMONES IN PATIENTS WITH PRECANCEROUS AND LARYNGEAL CANCER

**A. Gekhaev  
F. Isakova  
E. Garpoeva**

*Summary.* This article presents the results of the study of sex hormones in the blood of patients with chronic hyperplastic laryngitis and laryngeal cancer. Sex hormones play an important role in the physiology of the larynx, but the role of sex hormones in the carcinogenesis of laryngeal cancer is not fully understood. The results obtained during the study open up prospects and great interest in studying sex hormone receptors in the tumor tissue of the larynx.

*Keywords:* laryngitis, precancerous, sex hormones, laryngeal cancer, testosterone, estradiol.

**Гехаев Алихан Умарович**

К.м.н, Чеченский Государственный  
Университет им. А.А. Кадырова (г. Грозный)  
gekhaev-alikhan@mail.ru

**Исакова Фатима Сулимбековна**

К.м.н., доцент, Чеченский Государственный  
Университет им А.А. Кадырова (г. Грозный)  
fatima.isakova.1988@mail.ru

**Гаппоева Эльвира Татаркановна**

Д.м.н., доцент, Северо-Осетинская государственная  
медицинская академия (г. Владикавказ)  
elvira907@mail.ru

*Аннотация.* В данной статье приведены результаты изучения половых гормонов в крови у пациентов с хроническим гиперпластическим ларингитом и раком гортани. Половые гормоны играют важную роль в физиологии гортани, однако роль половых гормонов в канцерогенезе рака гортани не до конца изучены. Результаты, полученные в ходе исследования, открывают перспективы и большой интерес изучить рецепторы половых гормонов в опухолевой ткани гортани.

*Ключевые слова:* ларингит, предрак, половые гормоны, рак гортани, тестостерон, эстрадиол.

### Введение

Среди злокачественных опухолей верхних дыхательных путей рак гортани занимает первое место (65–70 %), а среди всей патологии — хронические ларингиты (8,4 %) [2,3]. Наибольший риск малигнизации имеет гиперпластический ларингит. Частота случаев малигнизации гиперпластического ларингита составляет до 30 % [2, 4, 6].

Гортань, являясь вторичным половым органом, демонстрирующим физиологические изменения во время полового созревания и морфологические изменения во взрослом возрасте, вызывает вопросы о взаимосвязи между рецепторами половых гормонов, такими как рецепторы эстрогена (ER), рецепторами прогестерона (PR), рецепторами андрогенов (AR), и развитием карциномы гортани (Schwartz N. et al., 2014; Atef A. et al., 2019; Bradford C.R. et al., 2020).

Гормональные нарушения у больных раком гортани описаны многими исследователями (Антонив В.Ф., 2011; Singh H.P. et al., 2012; Andratschke M. et al., 2015). При определении содержания тестостерона и гонадотропных гормонов в сыворотке крови мужчин, страдающих раком гортани, статистически достоверно было установлено повышение уровня тестостерона и фол-

ликулостимулирующего гормона, тогда как уровень эстрадиола в сыворотке крови оставался незначительно повышенным или в пределах нормы. Поэтому многие ученые считают причиной развития рака, кроме курения, вирусов, производственных факторов, является повышенное содержание андрогенов в крови больных. Еще одним доказательством этому является, что мужчины 16–18 раз чаще болеют раком гортани, чем женщины.

### Материалы и методы исследования

Были изучены уровни половых гормонов у 56 пациентов хроническим гиперпластическим ларингитом (из них 40 мужчин и 16 женщин) и 26 больным с плоскоклеточным раком гортани (из них 20 мужчин и 6 женщин). Возраст пациентов от 25 до 62 лет. Гормоны были изучены на этапах обследования пациентов после морфологического установления диагноза до получения специального лечения. Кровь для определения гормонов в сыворотке периферической крови забиралась натощак из кубитальной вены в количестве 10 мл. Сыворотку охлаждали ледяной водой и центрифугировали при 1500 оборотах в течение 10 мин в центрифуге с охлаждением не позднее 30–60 мин после забора. Иммуноферментные методы использовались для определения в сыворотке периферической крови свободного тестостерона (Т), ЛГ, ФСГ, прогестерона, пролактина с по-

мощью стандартных наборов для иммуноферментного анализа NovaTec (Германия), Beckman Coulter (США), DVE00, R & D Systems (США) на анализаторе ELISA по инструкции фирмы. Содержание эстрадиола определяли с помощью набора ИФА (DRG Estradiol ELISA). Суть метода базируется на принципе конкуренции и планшетном разделении. Лунки микропланшетов покрыты антителами, направленными против уникальной антигенной стороны молекулы эстрадиола. Эндogenous эстрадиол конкурирует с эстрадиолом, конъюгированным с пероксидазой, за связывание с антителом, которым покрыто дно лунок. После инкубации планшет промывают. Количество связанного конъюгата пероксидазы обратно пропорционально концентрации эстрадиола в образце. После добавления раствора субстрата интенсивность окраски будет обратно пропорциональна концентрации эстрадиола в образце.

### Результаты и обсуждения

Результаты проведенного сравнительного анализа уровня различных половых гормонов у мужчин групп сравнения свидетельствуют о достоверном ( $p < 0,05$ ) увеличении средней концентрации эстрадиола у больных раком гортани ( $0,7 \pm 0,3$  нмоль/л), в сравнении с показателями пациентов с хроническим гиперпластическим ларингитом ( $0,1 \pm 0,01$  нмоль/л) и максимального референтного значения ( $0,3$  нмоль/л). Было выявлено достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение уровня прогестерона у мужчин с плоскоклеточным раком гортани ( $3,3 \pm 0,1$  нмоль/л) относительно показателя пациентов с хроническим гиперпластическим ларингитом ( $4,0 \pm 0,1$  нмоль/л). У мужчин хроническим гиперпластическим ларингитом все уровни половых гормонов были в пределах нормативных показателей.

Учитывая, что референтные значения ЛГ, ФСГ, эстрадиола и прогестерона различаются у женщин детородного возраста и в период постменопаузы, обследованные нашей когорты, были дополнительно разделены по этому признаку: женщины детородного возраста ( $n=9$ , из них 6 с хроническим гиперпластическим ларингитом и 3 с раком гортани) и женщины постменопаузального возраста ( $n=9$ , из них 6 с хроническим гиперпластическим ларингитом и 3 с раком гортани). У женщин детородного возраста обеих групп исследования уровни ЛГ, ФСГ, эстрадиола и прогестерона были в пределах нормативных показателей и достоверно не отличались по группам. У женщин обеих групп исследования в период менопаузы уровни ЛГ, ФСГ, эстрадиола были значительно ниже нормативных показателей, а прогестерона — выше. У женщин с раком гортани в период менопаузы уровень ЛГ ( $5,3 \pm 0,33$  мМЕ/м) был достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) показателя пациенток с хроническим гиперпластическим ларингитом ( $14,1 \pm 4,4$  мМЕ/м), и ниже минимального референтного значения в 3,5 раза. Было установлено, что

средняя концентрация ФСГ у женщин в период постменопаузы при раке гортани ( $10,3 \pm 0,33$  мМЕ/м) был достоверно ( $p < 0,05$ ) выше показателя пациенток с предраком гортани ( $1,1 \pm 0,04$  мМЕ/м) и ниже нормативного показателя в три раза. Уровень эстрадиола у женщин раком гортани составлял  $0,1 \pm 0,031$  нмоль/л, что было достоверно ( $p < 0,05$ ) выше показателя больных предраковыми поражениями гортани ( $0,006 \pm 0,002$  нмоль/л) и 2 раза ниже нормы. У женщин с раком гортани в период менопаузы уровень прогестерона ( $1,57 \pm 0,1$  нг/мл) был достоверно выше ( $p < 0,05$ ) показателя с хроническим гиперпластическим ларингитом ( $1,29 \pm 0,06$  нг/мл), и выше максимального референтного значения в 1,6 раза.

Учитывая, что референтные значения пролактина и тестостерона не различаются у женщин детородного возраста и в период постменопаузы, уровни этих гормонов были оценены в целом у обследованных женского пола. У женщин с предраковыми заболеваниями гортани средняя концентрация пролактина составляла  $349,3 \pm 49,4$  мМЕ/м и была достоверно выше ( $p < 0,05$ ) показателя группы с раком гортани ( $250,5 \pm 7,5$  мМЕ/м).

Обращает внимание, что средняя концентрация тестостерона ( $34,2 \pm 5,7$  нмоль/л) у женщин хроническим гиперпластическим ларингитом в 8 раз превышала нормативный показатель и была достоверно ( $p < 0,05$ ) выше уровня больных раком гортани ( $4,8 \pm 0,4$  нмоль/л).

Среди всех исследованных половых гормонов, в нашей когорте пациентов было установлено повышение уровня эстрадиола и тестостерона. Повышение уровня эстрадиола было документировано только среди больных раком гортани (26,9 %,  $n=7$ ). Увеличение концентрации тестостерона было выявлено достоверно ( $p < 0,05$ ) чаще у больных предраковыми заболеваниями гортани (23,2 %), в сравнении с показателями пациентов с раком гортани (11,5 %). У пациентов раком гортани достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) было диагностировано снижение уровня ЛГ (11,5 %) и прогестерона (11,5 %), в сравнении с хроническим гиперпластическим ларингитом (5,4 % и 5,4 %, соответственно). Снижение уровня ФСГ было документировано примерно с одинаковой частотой у пациентов предраком (10,7 %) и раком гортани (11,5 %). Только у обследованных с предраковыми заболеваниями гортани было документировано снижение эстрадиола (10,7 %). Понижение концентрации тестостерона установлено у 12 чел. (21,4 %) хроническим гиперпластическим ларингитом и 4 больных (15,4 %) — раком гортани.

### Заключение

Полученные результаты можно объяснить полученными ранее данными Atef A. et al. (2019) и Verma A. et al. (2020) о возможности рассмотрения рецепторов эстрадиола и прогестерона, как маркеров злокачественной

трансформации при предраковых заболеваниях гортани. Эти данные дополняют результаты других исследований, которые установили у пациентов с злокачественными новообразованиями головы и шеи значительное повышение уровней фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов (Yoo H. J. et al., 2011), эстрадиола (Kruk-Zagajewska A. et al., 2011) и пролактина

(Bauernhofer T., 2011), в сравнении с показателями здоровой популяции. Пациентам с предраком гортани нужно рекомендовать исследовать в крови уровень половых гормонов. Повышение уровня эстрадиола у мужчин и тестостерона у женщин — можно считать маркерами малигнизации процесса.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонив, В.Ф. Гендерные особенности при опухолях лор-органов / В.И. Попадюк, К.В. Ефимочкина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. — 2011. — № 3. С. 112–115.
2. Гуров, А.В. Возможности топических препаратов в лечении острого и хронического ларингита и осложнений, возникающих при хирургических вмешательствах на гортани и трахее/ А.В. Гуров, Е.А. Кирасирова, Е.В. Кулабухов, А.С. Лапченко, С.Г. Романенко // РМЖ «Медицинское обозрение». — 2019. — №2(II). — С.42–46.
3. Колесникова, О.М. Комплексный подход к лечению хронического ларингита/ О.М. Колесникова, М.Е. Малкова//Фарматека. Оториноларингология. — 2017.— С.22–25.
4. Нажмудинов, И.И. Современные аспекты диагностики и хирургического лечения гиперпластических процессов гортани/ И.И. Нажмудинов, Т.И. Гарашенко, И.Ю. Серебрякова, К.М. Магомедова, И.О. Куликов, И.Г. Гусейнов // Consilium Medicum. — 2017. — №11. — С.29–33.
5. Atef A, Elzayat S, et al. The prognostic value of sex hormone receptors expression in laryngeal carcinoma.// Tissue Cell. — 2019. — Vol. 57. — P. 84–89.
6. Ishwar, Singh. Leukoplakia of larynx/ Singh Ishwar, Gupta Divya, S.P.S. Yadav// A review update Journal of Laryngology and Voice Year. — 2014.— №.4. — Is.2. — P.39–44.

---

© Гехаев Алихан Умарович (gekhaev-alikhan@mail.ru); Исакова Фатима Сулимбековна (fatima.isakova.1988@mail.ru);

Гаппоева Эльвира Татаркановна (elvira907@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ПАЦИЕНТОВ С ПРЕДРАКОМ И РАКОМ ГОРТАНИ

## HORMONAL STATUS OF THE THYROID GLAND IN PATIENTS WITH PRECANCEROUS AND LARYNGEAL CANCER

**A. Gekhaev  
F. Isakova  
E. Garpoeva**

*Summary.* The article is devoted to the study of thyroid hormones in patients with precancerous diseases and laryngeal cancer. The role of hormones in the development of laryngeal cancer is not fully understood. Thyroid hormones regulate the functions of all systems and organs: nervous, cardiovascular, immune, etc. Many tumors are hormone-dependent. Analysis of changes in thyroid hormones in the blood of patients with precancerous and laryngeal cancer will allow us to study in more detail the effect of these hormones on the malignancy of precancerous diseases of the larynx and opens up prospects for studying thyroid hormone receptors in the tumor tissue of the larynx.

*Keywords:* hormones, precancerous diseases, laryngeal cancer, thyroglobulin, thyroid gland.

**Гехаев Алихан Умарович**

К.м.н., Чеченский Государственный  
Университет им. А.А. Кадырова (г. Грозный)  
gekhaev-alikhan@mail.ru

**Исакова Фатима Сулимбековна**

К.м.н., доцент, Чеченский Государственный  
Университет им А.А. Кадырова (г. Грозный)  
fatima.isakova.1988@mail.ru

**Гаппоева Эльвира Татаркановна**

Д.м.н., доцент, Северо-Осетинская государственная  
медицинская академия (г. Владикавказ)  
elvira907@mail.ru

*Аннотация.* Статья посвящена изучению гормонов щитовидной железы у пациентов с предраковыми заболеваниями и раком гортани. Роль гормонов в развитие рака гортани не до конца изучена. Гормоны щитовидной железы регулируют функции всех систем и органов: нервной, сердечно-сосудистой, иммунной и др. Многие опухоли являются гормонозависимыми. Анализ изменений гормонов щитовидной железы в крови у пациентов с предраком и раком гортани позволит более детально изучить влияние этих гормонов на малигнизацию предраковых заболеваний гортани и открывает перспективы изучения рецепторов гормонов щитовидной железы в опухолевой ткани гортани.

*Ключевые слова:* гормоны, предраковые заболевания, рак гортани, тиреоглобулин, щитовидная железа.

### Введение

В 2021 году в России зарегистрировано 5 954 новых случаев рака гортани и на конец в 2021 г. на учете находится 138 854 пациентов с злокачественными новообразованиями гортани [1]. Рак гортани занимает первое место среди опухолей головы и шеи [4]. В 70 % случаев больные обращаются за медицинской помощью III–IV стадиями заболевания, что соответственно, влияет на качество лечения таких пациентов и их выживаемость [5]. Причинами рака гортани являются курение, употребление алкоголя, профессиональные вредности, вирусы, в частности ВПЧ, и не последнее место принадлежит к процессу канцерогенезу рака гортани гормональным нарушениям. Гортань относят ко вторичным половым органам и поэтому к половому созреванию в гортани происходят физиологические изменения. Гортань и щитовидная железа анатомически расположены рядом и клинические проявления заболеваний сходны: першение, сухой кашель, осиплость голоса, одышка. Гормональные нарушения у больных раком гортани описаны многими исследователями. Однако очень мало изучено влияние гормонов щитовидной железы на гортань и их изменение при заболеваниях гортани.

### Материалы и методы исследования

Было проведено обследование 82 пациентов в возрасте от 25 до 62 лет со злокачественными новообразованиями и предраковыми заболеваниями гортани. Из них 56 больных с предраковыми поражениями гортани и 26 пациента с раком гортани T1-3N0M0G1-3. Кровь для определения гормонов в сыворотке периферической крови забиралась натощак из кубитальной вены в количестве 10 мл. Иммуноферментные методы использовались для определения в сыворотке периферической крови тиреотропного гормона (ТТГ), свободного трийодтиронина (Т3), свободного тироксина (Т4), антител к микросомальной тиреопероксидазе (ТПО) и антител к тиреоглобулину (ТГ) с помощью стандартных наборов для иммуноферментного анализа NovaTec (Германия), BeckmanCoulter (США), DVE00, R & D Systems (США) на анализаторе ELISA по инструкции фирмы.

### Результаты исследования

Результаты проведенного сравнительного анализа уровня обеих групп исследования уровни гормонов щитовидной железы были в пределах нормативных значений, однако концентрация ТТГ у больных ЗНО горта-

ни ( $3,1 \pm 0,8$  мкМЕ/мл) была достоверно выше ( $p < 0,05$ ) показателя пациентов с предраковыми заболеваниями ( $1,4 \pm 0,1$  мкМЕ/мл), а свободного Т4 наоборот — достоверно ниже ( $7,0 \pm 1,1$  Ед/мл и  $14,4 \pm 0,4$  Ед/мл, соответственно). Средняя концентрация тиреоглобулина превышала референтные значения, как у пациентов с предраковыми заболеваниями, так и у больных ЗНО гортани. При этом, у обследованных основной группы данный показателя составлял  $404,6 \pm 158,1$  нг/мл и был достоверно выше, чем в группе сравнения ( $97,4 \pm 6,1$  нг/мл).

Результаты оценки аутоиммунных показателей щитовидной железы свидетельствуют, что уровень ТПО-антител у обследованных основной группы ( $100,0 \pm 25,4$  д/мл) превышал референтное значение (до 65 Ед/мл) и был достоверно ( $p < 0,05$ ) выше показателя больных раком гортани ( $23,3 \pm 6,6$  Ед/мл). А средняя концентрация ТГ-антител у пациентов обеих групп была выше нормы (до 55 нг/мл) и у обследованных группы сравнения достоверно превышала показатель пациентов с предраковыми заболеваниями ( $144,5 \pm 39,5$  нг/мл и  $69,9 \pm 14,0$  нг/мл,  $p < 0,05$ ). У больных раком гортани достоверно ( $p < 0,05$ ) чаще было установлено повышение ТТГ (15,4 %) и антител к ТГ (26,9 %), в сравнении с показателями пациентов с предраковыми заболеваниями (7,1 % и 12,5 %, соответственно). Только у больных раком гортани было установлено снижение свободного Т4 (42,3 %). Снижение уровня ТТГ было выявлено только у пациентов с предраковыми заболеваниями гортани (в 7,1 %).

Уникальными являются полученные данные относительно нарушения функций щитовидной железы у обследованного контингента. Концентрация ТТГ у больных ЗНО гортани ( $3,1 \pm 0,8$  мкМЕ/мл) была достоверно выше ( $p < 0,05$ ) показателей пациентов с предраковыми заболеваниями ( $1,4 \pm 0,1$  мкМЕ/мл), а свободного Т4 наоборот — достоверно ниже ( $7,0 \pm 1,1$  Ед/мл и  $14,4 \pm 0,4$  Ед/мл, соответственно).

Средняя концентрация тиреоглобулина превышала референтные значения, как у пациентов с предрако-

выми заболеваниями, так и у больных со ЗНО гортани. При этом, у обследованных основной группы данный показатель составлял  $404,6 \pm 158,1$  нг/мл и был достоверно выше, чем в группе сравнения ( $97,4 \pm 6,1$  нг/мл).

Результаты оценки аутоиммунных показателей щитовидной железы свидетельствуют, что уровень ТПО-антител у обследованных основной группы ( $100,0 \pm 25,4$  Ед/мл) превышал референтное значение (до 65 Ед/мл) и был достоверно ( $p < 0,05$ ) выше показателя больных раком гортани ( $23,3 \pm 6,6$  Ед/мл). А средняя концентрация ТГ-антител у пациентов обеих групп была выше нормы (до 55 нг/мл) и у обследованных группы сравнения достоверно превышала показатель пациентов с предраковыми заболеваниями ( $144,5 \pm 39,5$  нг/мл и  $69,9 \pm 14,0$  нг/мл,  $p < 0,05$ ). У больных раком гортани достоверно ( $p < 0,05$ ) чаще было установлено повышение ТТГ (15,4 %) и антител к ТГ (26,9 %), в сравнении с показателями пациентов с предраковыми заболеваниями (7,1 % и 12,5 %, соответственно). Только у больных раком гортани было установлено снижение свободного Т4 (42,3 %). Снижение уровня ТТГ было выявлено только у пациентов с предраковыми заболеваниями гортани (в 7,1 %).

#### Заключение

Полученные данные свидетельствуют о впервые выявленной сопутствующей аутоиммунной патологии щитовидной железы со склонностью к гипотиреозу у пациентов с предраковыми заболеваниями и раком гортани. У больных раком гортани достоверно чаще было установлено повышение ТТГ и антител к ТГ, в сравнении с показателями пациентов с предраком гортани. Только у больных раком гортани было установлено снижение свободного Т4. Снижение уровня ТТГ было выявлено только у пациентов с предраковыми заболеваниями гортани. Пациентам с предраком гортани нужно исследовать в крови уровень показателей щитовидной железы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Каприн А.Д., ВВ. Старинский, А.О. Шахзадова. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году. М. — 2022. — С. 90–93.
- Atef A, Elzayat S, et al. The prognostic value of sex hormone receptors expression in laryngeal carcinoma. // Tissue Cell. — 2019. — Vol. 57. — P. 84–89.
- Ishwar, Singh. Leukoplakia of larynx/ Singh Ishwar, Gupta Divya, S. P. S. Yadav// A review update Journal of Laryngology and Voice Year. — 2014. — №.4. — Is.2. — P.39–44
- Tangsrivong K., Jitreetat T. Clinical Predictors of Laryngeal Preservation Rate in Stage III–IV Laryngeal Cancer and Hypopharyngeal Cancer Patients Treated with Organ Preservation. // Asian Pac J Cancer Prev. 2019. — 20(7). — p:2051–2057.
- Elicin O., Giger R. Comparison of Current Surgical and Non-Surgical Treatment Strategies for Early and Locally Advanced Stage Glottic Laryngeal Cancer and Their Outcome. Cancers (Basel). 2020;12(3):732.

© Гехаев Алихан Умарович (gekhaev-alikhan@mail.ru); Исакова Фатима Сулимбековна (fatima.isakova.1988@mail.ru);

Гаппоева Эльвира Татаркановна (elvira907@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ГИНГИВИТА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

## A STUDY ASSESSING THE PREVALENCE OF GINGIVITIS IN SCHOOL-AGE CHILDREN

V. Zhurbenko  
I. Studenikina

*Summary.* In the modern world, the level of dental health is significantly decreasing, including among children and adolescents. A decrease in the level of hygiene in children and adolescents leads to the development and spread of gum and periodontal diseases. Violation of periodontal function sooner or later leads to irreversible complications and loss of teeth. Periodontal diseases are often observed among children with dental and maxillary anomalies. This article analyzes data on the prevalence of gingivitis and assesses the condition of periodontal tissues in school-age children. The topics of etiology and epidemiology of this disease, methods of treatment and prevention are also covered.

*Keywords:* gingivitis, periodontal diseases, pediatric dentistry, medicine, prevention.

**Журбенко Вероника Александровна**  
ФГБОУ ВО Курский Государственный Медицинский  
Университет Минздрава России  
prepvermed@mail.ru

**Студеникина Ирина Анатольевна**  
ФГБОУ ВО Курский Государственный Медицинский  
Университет Минздрава России

*Аннотация.* В современном мире значительно снижается уровень стоматологического здоровья, в том числе среди детей и подростков. Снижение уровня гигиены у детей и подростков ведет к развитию и распространению заболеваний десен и пародонта. Нарушение функции пародонта рано или поздно приводит к необратимым осложнениям и потере зубов. Часто наблюдаются заболевания пародонта среди детей с зубочелюстными аномалиями. В данной статье проведен анализ данных о распространенности гингивита и дана оценка состоянию тканей пародонта у детей школьного возраста. Также освещены темы этиологии, эпидемиологии, классификации данного заболевания, способы лечения и профилактики.

*Ключевые слова:* гингивит, заболевания пародонта, детская стоматология, медицина, профилактика.

### Введение

С каждым годом растет число пациентов, имеющих воспалительные заболевания пародонта. Одним из самых распространенных заболеваний среди детского и подросткового населения является гингивит. Гингивит — это заболевание, характеризующееся воспалением, отеком и гиперемией слизистой оболочки десен. В эпидемиологических исследованиях среди детского населения наиболее часто выявляется катаральная форма гингивита [3]. Причинами возникновения гингивита могут служить местные и общие факторы.

По данным Всемирной организации здравоохранения, более чем у 90–95 % взрослых людей присутствуют воспалительные процессы мягких тканей ротовой полости, а потеря зубов из-за патологических процессов в деснах и пародонте случается в 5 раз чаще, чем от кариозных дефектов [8].

Наибольшую роль в этиологии гингивита играют местные факторы: неудовлетворительная гигиена полости рта, зубной налет, в котором преобладают микроорганизмы, травмирующие десну.

К основным микроорганизмам, вызывающим гингивит относятся грамположительные анаэробы —

*Streptococcus sanguis* и *Streptococcus mutans*, содержащиеся в зубном налете [1]. В результате своей жизнедеятельности эти микроорганизмы, выделяют кислоту, которая оказывает раздражающее действие на десну, вызывая отек и гиперемию.

Неудовлетворительная гигиена полости рта усугубляет развитие микробной флоры и способствует появлению очага воспаления. При отсутствии механического снятия зубного налета происходит увеличение колоний микроорганизмов, усиленное раздражение десны бактериями зубной бляшки приводит к образованию патологических карманов и кровоточивости [2]. Данные симптомы также оказывают свое влияние на твердые ткани зубов, что существенно повышает риск возникновения кариеса.

Наряду с местными факторами, усугубить течение болезни и спровоцировать осложнения могут сопутствующие заболевания и различные патологические состояния организма. Среди общих факторов можно выделить: изменение гормонального фона, сахарный диабет, иммунодефицит, травма [4]. При снижении иммунитета происходит уменьшение общей сопротивляемости и реактивности организма, что приводит к нарушению баланса между нормальной и патогенной микрофлорой полости рта.

При наличии хронической или острой травмы повышается риск развития воспалительных заболеваний пародонта. Повреждения слизистой оболочки могут быть следствием неправильного прикуса (травматическая окклюзия), использования жесткой зубной щетки, наличия острых краев пломб. Травмированные участки слизистой оболочки становятся дополнительными входными воротами инфекции, что приводит к появлению новых участков воспаления [5].

Согласно Международной классификации болезней десятого пересмотра, по характеру течения гингивит подразделяют на острую и хроническую формы. При острой форме заболевания пациенты могут предъявлять жалобы на: кровоточивость десен, даже при чистке зубов мягкой щеткой, на повышенную чувствительность твердых тканей зуба, болезненность при приеме пищи, механическом воздействии на слизистую. Данные симптомы могут значительно снижать жевательную функцию, что приводит к развитию заболеваний органов ЖКТ.

Хроническая форма гингивита менее агрессивна в клиническом проявлении, но оказывает более негативное влияние на организм ребенка. При наличии постоянного очага инфекции в полости рта, бактерии и их токсины могут циркулировать в организме, вызывая заболевания других органов. Чаще всего при хроническом гингивите дети и подростки обращаются к врачу с жалобами на неприятный запах изо рта, гиперемию и отек десен, постоянную кровоточивость, зубные отложения.

В связи с понижением уровня гигиены у детей и подростков, а также недостаточной осведомленностью о методах и дополнительных средствах профилактики, заболеваемость гингивитом увеличивается. Необходимо уделять отдельное внимание вопросам профилактики, обучения гигиене, проведению контролируемой чистки зубов [6,7].

#### Цель исследования

Целью данного исследования является изучение и анализ распространенности гингивита у детей и подростков школьного возраста, выявление комплексных мер профилактики и лечения данного заболевания.

#### Материалы и методы исследования

Для проведения исследования было обследовано 476 учеников школ в возрасте от 8 до 17 лет. Количество девочек составило 261 (54,8 %) человек, мальчиков — 215 (45,2 %). При обследовании дети были разделены на две возрастные группы: первая от 8 до 13 лет, вторая — от 14 до 17 лет. Во время осмотра учитывались возраст, пол, наличие гингивита у пациентов.

Гингивит диагностировали с помощью нескольких методов — сбор анамнеза стоматологического пациента, визуальный осмотр, определении индекса РМА.

Сбор анамнеза проводился с целью получения информации о методике и периодичности чистки зубов, использовании дополнительных средств гигиены, наличии жалоб.

При визуальном осмотре выявляли клинические проявления и симптомы данного заболевания. Особое внимание уделяли наличию, местам локализации и характеру зубных отложений, виду прикуса, наличию зубных карманов.

Для оценки тяжести поражения десны производили расчет индекса РМА. Папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс позволяет наглядно оценить зоны воспаления десны: межзубный сосочек (Р), маргинальная десна (М), альвеолярная десна (А).

#### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования было установлено, что при увеличении возраста от 8 до 17 лет распространенность гингивита постепенно снижается.

Более высокий процент заболеваемости наблюдается в младшей возрастной группе от 8 до 13 лет и составляет 68 %, в то время как в группе от 14 до 17 лет он значительно ниже — 35 %.

При оценке результатов опроса о применении дополнительных средств гигиены полости рта было обнаружено, что 35 % детей используют ополаскиватель полости рта, 33 % — зубную нить, 5 % пользуются межзубными ершиками, 8 % — скребком для языка, 19 % не используют дополнительные средства гигиены. У 84 % детей преобладают горизонтальные движения по вестибулярным поверхностям при чистке зубов мануальной щеткой.

По результатам осмотра было выявлено, что в младшей возрастной группе наиболее распространена катаральная форма гингивита, в старшей — гипертрофическая. У 83 % детей было отмечено наличие зубных отложений, локализованных, в большей степени, в области нижних резцов, что связано с расположением в этой области протоков слюнных желез и низким уровнем гигиены полости рта. У 63 % обследованных были выявлены аномалии прикуса.

При оценке показателя индекса РМА, выявили, что среднее его значение у детей от 8 до 13 лет — 57 %, что говорит о средней степени тяжести заболевания, в группе от 14 до 17 лет — 24 %, что соответствует легкой степени тяжести.

## Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов. Анализ распространенности гингивита у детей школьного возраста позволяет определить статистические данные, на основе которых медицинские работники смогут разрабатывать актуальные лечебно-профилактические мероприятия и программы.

Наиболее высокий показатель распространенности гингивита регистрируется у детей от 8 до 13 лет. Это обосновано низким уровнем гигиены полости рта, неосведомленностью о возможности применения дополнительных средств гигиены, а также активной пролиферацией структур пародонта.

Необходимо уделять особое внимание профессиональной гигиене полости рта и профилактическим осмотрам у стоматолога не менее двух раз в год. Врач сможет удалить твердые, минерализованные зубные отложения, которые не поддаются домашней гигиене. Важным аспектом проведения профессиональной гигиены полости рта в кресле стоматолога — это наглядное обучение технике и контролируемая чистка зубов с помощью специальных фантомов.

На приеме доктор также поможет подобрать средства индивидуальной гигиены, согласно клинической картине и степени тяжести заболевания. Для пациентов с гингивитом рекомендуется применение мягких зубных щеток с большим количеством щетинок. При выборе зубной пасты и ополаскивателя следует изучать состав. Действующим компонентом при профилактике гингивита являются лечебные травы, которые оказывают противовоспалительное и заживляющее действие на слизистую десен.

Дети младшего школьного возраста наименее заинтересованы в соблюдении гигиены полости рта. Для

большой вовлеченности в процесс, разрабатываются более яркие и привлекающие внимание, упаковки средств гигиены. Для визуализации налета у детей применяют специальные красители в виде ополаскивателя или таблеток. Ребенок в местах окрашивания видит наиболее труднодоступные участки, которые он не очищает, а родители могут своевременно проконтролировать качество гигиены.

Аномалии зубочелюстной системы являются фактором риска развития заболеваний пародонта. При нарушении прикуса нагрузка на ткани пародонта распределяется неравномерно, вследствие чего, он подвергается гипертрофическим изменениям.

Профилактика гингивита, в большей степени направлена на устранение местных факторов, но также необходимо учитывать общесоматическое состояние организма, наличие сопутствующих заболеваний, которые могут вызвать осложнения. Во время проведения диагностики и лечения врачу необходимо применять комплексный подход, направленный на устранение всех факторов развития гингивита.

Немало важным критерием в профилактике гингивита у детей является проведение санитарно-просветительских мероприятий в школах. В игровой форме можно проводить обучение детей правильной гигиене полости рта, знакомить их с различными дополнительными средствами: межзубные ершики, скрепки, зубные нити.

Таким образом, основу профилактики гингивита составляют: своевременная диагностика и устранение факторов риска, плановое наблюдение и осмотры у стоматолога, обучение и соблюдение правильной гигиены полости рта, просветительская работа в учебных учреждениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антимикробная терапия в стоматологии. Принципы и алгоритмы / Р.В. Ушаков, В.Н. Царев. — М.: Практическая медицина, 2019. — 240 с.
2. Винник А.В. Роль микроорганизмов в развитии хронического гингивита // Астраханский медицинский журнал. — 2022. Т.17, № 4. — С.8–15.
3. Дерматостоматология. Заболевания слизистой оболочки рта и губ / И.Ю. Голоусенко. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — 224 с.
4. Македонова Ю.А., Гаврикова Л.М., Афанасьева О.Ю., Куркина О.Н., Дьяченко С.В., Александрова Е.С., Ставская С.В., Кабытова М.В. Реципрокные факторы риска: заболевания слизистой полости рта и сопутствующая патология: учебное пособие. — ВолгГМУ. — Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2021. — 100 с.
5. Особенности диагностики и лечения травматических поражений слизистой оболочки полости рта: учеб. пособие / под ред. проф. К.Г. Каракова — Ставрополь. Изд-во СтГМУ, 2018 — 102с.
6. Профессиональная и индивидуальная гигиена полости рта у взрослых / А.И. Николаев, Л.М. Цепов, И.М. Макеева, А.П. Ведяева. М.: МЕДпресс-информ, 2021. — 192 с.
7. Ремизова А.А. Гигиена полости рта: учебное пособие / под ред. А.А. Ремизовой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. — 160 с.
8. Терапевтическая стоматология. Информационный справочник: учебно-методическое пособие / под ред. проф. К.Г. Каракова — Ставрополь. Изд-во СтГМУ, 2022 — 185с.

# ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЛИЦЕВОГО ОТДЕЛА ГОЛОВЫ

## FEATURES OF DIAGNOSTICS OF DENTAL ANOMALIES WITH DIFFERENT TYPES OF THE FACIAL PART OF THE HEAD

**A. Klimov**  
**M. Rozhkova**  
**S. Pavlova**  
**A. Polens**  
**S. Fischev**  
**A. Sevastyanov**  
**A. Shtorina**  
**M. Puzdyreva**

*Summary.* Numerous studies have shown the variability of dental arches at the physiological norm presented in modern classifications, and the parameters of the arches are determined by the size of the teeth and the individual characteristics of the craniofacial complex. In case of anomalies of the shape and size of the dentoalveolar arches after diagnostic measures, one of the stages is the planning of orthodontic treatment and the construction of the predicted dental arch taking into account the end values of the front teeth.

*Keywords:* orthodontics, orthopedics, malocclusion, dental arches.

**Климов Андрей Геннадьевич**

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
pstom4@zdrav.spb.ru

**Рожкова Мария Геннадьевна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
rozmaria2010@yandex.ru

**Павлова Светлана Георгиевна**

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
svetap\_75@mail.ru

**Поленс Александр Анатольевич**

К.м.н., ассистент, «Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет» Министерства здравоохранения РФ  
polens66@gmail.com

**Фищев Сергей Борисович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет» Министерства здравоохранения РФ  
super.kant@yandex.ru

**Севастьянов Аркадий Владимирович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет» Министерства здравоохранения РФ  
ardy.dkr@mail.ru

**Шторина Анастасия Александровна**

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
nastiya78@mail.ru

**Пузырева Маргарита Николаевна**

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
seven-spb@yandex.ru

*Аннотация.* Многочисленными исследованиями показана вариабельность дентальных арок при физиологической норме, представленной в современных классификациях, а параметры дуг определяются размерами зубов и индивидуальными особенностями краниофациального комплекса. При аномалиях формы и размеров денто-альвеолярных арок после проведения диагностических мероприятий, одним из этапов является планирование ортодонтического лечения и конструирование прогнозируемой зубной дуги с учетом торковых значений передних зубов.

*Ключевые слова:* ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, зубные дуги.

При аномалиях окклюзионных взаимоотношений, как правило, нарушается форма и размеры зубочелюстных дуг [1, 2, 3]. Распространённость аномалий дентальных дуг довольно высока и обусловлена многочисленными этиологическими факторами [4, 5, 6].

Независимо от вида аномалии окклюзии, основные линейные размеры и форма дентальных арок весьма переменны и не соответствуют нормальным показателям [7].

В современных условиях пациенто-ориентированного здравоохранения и развития ортодонтической диагностики определена взаимосвязь размеров зубных арок с различными типами лица и предложены классификации гнатических и дентальных типов лицевого отдела головы [8].

Обязательным атрибутом диагностики аномалий денто-альвеолярных дуг является биометрическое исследование гипсовых моделей челюстей [9, 10].

Однако многообразие методов исследования и погрешности построения конструируемых зубных дуг, нацеливает на проведение дополнительных исследований, направленных на графическую репродукцию арок при аномалиях их формы и размеров.

Таким образом, приведенный анализ данных показывает, что выбранное направление является актуальным, практически значимым и поможет в решении эффективности лечения пациентов с аномалиями и деформациями зубных дуг.

#### Цель исследования

Повышение эффективности диагностики зубочелюстных аномалий за счет оптимизации методов определения типов зубных дуг.

#### Материалы и методы исследования

Для проведения клинического исследования объектом наблюдения и лечения были 210 человек подросткового возраста. У 102 пациентов основной группы были окклюзионные нарушения I класса по А.Н. Angle. В группу сравнения вошли 108 пациентов с физиологической окклюзией. В каждой группе выделено по три подгруппы. Первую подгруппу составили пациенты с протрузионным типом зубных дуг, вторую — ретрузионный тип дуг, а третью подгруппу составили пациенты с мезотрузионным типом денто-альвеолярных арок.

В таблице 1 представлены пациенты в исследуемых группах.

Настоящее исследование включало использование методов диагностики, общепринятых в клинической ортодонтии, которые включали измерения кранио-фациального комплекса. Предложены собственные методы биометрии диагностических моделей из гипса, основанные на типологических особенностях дентальных арок.

Таблица 1  
Количество пациентов в основной группе и группе сравнения

| Группы исследования | Распределение пациентов по подгруппам: |             |             |       |
|---------------------|--|-------------|-------------|-------|
|                     | 1 подгруппа                            | 2 подгруппа | 3 подгруппа | ИТОГО |
| Основная группа     | 28                                     | 25          | 49          | 102   |
| Группа сравнения    | 32                                     | 29          | 47          | 108   |
| ИТОГО               | 60                                     | 54          | 96          | 210   |

#### Результаты исследования

С учетом современных требований ортодонтической диагностики проводились современные методы морфометрического исследования черепно-лицевого комплекса, проводилась биометрия моделей челюстей, изготовленных из супергипса, проводились традиционные методы рентгенологического исследования, и оценивалось функциональное состояние жевательного органа.

При морфометрическом исследовании оценивали размеры головы и лица в различных направлениях по общепринятым в клинической ортодонтии точкам. Проводился анализ фотостатических снимков в прямой и боковой проекциях. Оценивалась «согласованность» улыбки и оценивались параметры буккальных коридоров. При этом основные ориентиры на фотографии наносили по утвержденным ГОСТ морфометрическим точкам (рис. 1).

Основной целью морфометрического исследования головы было определение типов лица. При этом измеряли два основных параметра: ширину и диагональ. Ширина лица измерялась между точками *tragion «t-t»*, которые располагались в углублении верхнего отдела козелка ушной раковины. Диагональ измерялась от козелковой точки до нижненокосовой точки *subnasale (t-sn)*.

Размер диагонали определял дентальный тип лица, так как коррелировал с размерами зубов. Отношение диагональных размеров к трансверсальным определяло принадлежность лица к гнатическому типу, так как указанное соотношение коррелировало с параметрами зубочелюстных дуг.

Согласно данным специалистов к нормодонтным типам лица относили такие варианты, при которых суммарные значения диагоналей обеих сторон лица состав-

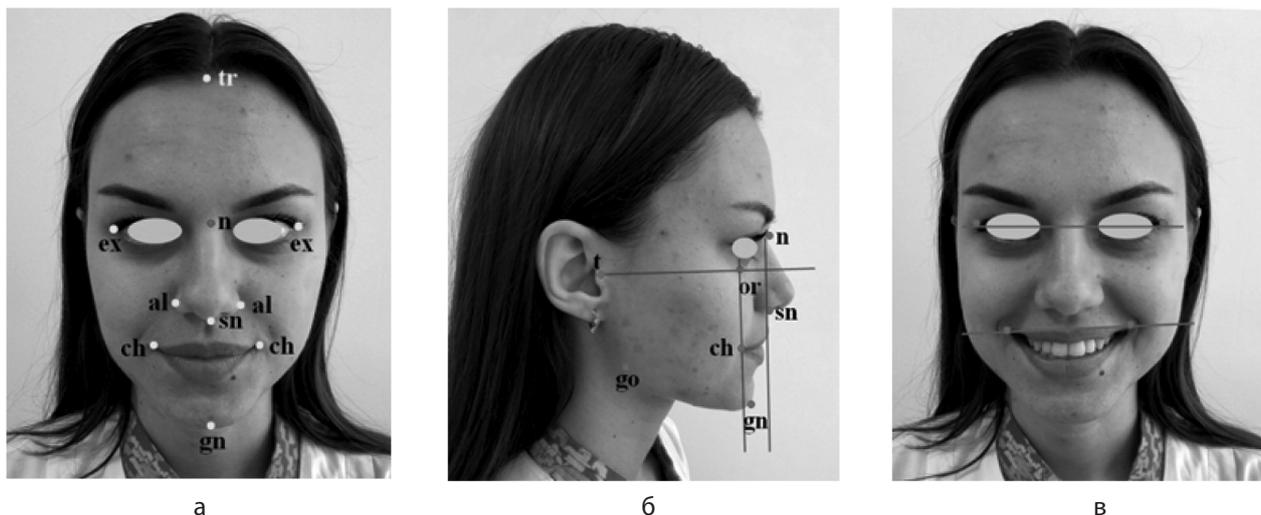


Рис. 1. Основные ориентиры при анализе лица и фотостатических снимков

ляли от 240 мм до 260 мм. Соответственно укорочение диагоналей или их удлинение было свойственно микро- или макродонтизму.

При отношении суммы размеров диагоналей лица к его ширине, равном вариабельности от 1,69 до 1,81 тип лица относили к мезогнатному. Уменьшение индекса позволяло относить лица к брахигнатическому типу, а увеличение — к долихогнатии.

По расположению ниже-носовой точки «sn» (subnasale) относительно линии Дрейфуса (перпендикуляр, опущенный из верхне-носовой точки nasion «n» к орбитальной линии) определяли тип лица по Шварцу. Расположение обеих носовых точек на линии Дрейфуса соответствовало характеристикам мезофронтального лица. Выход нижне-носовой точки вперед определяло трансфронтальное лицо, а её смещение кзади от линии Дрейфуса — цисфронтальное.

Оценивали положение нижней подбородочной точки «gn» (gnathion) по отношению к линиям Дрейфуса и Симона, ограничивающих профильное поле лица. В вертикальном направлении оценивали размеры лобной (tr-n), носовой (sn-n) и гнатической (n-gn) частей лица и определяли их соотношение и соразмерность.

На фотографиях оценивали параллельность верхней и нижней горизонтальных линий. Верхняя горизонтальная линия лица проходила через наружные точки соединения глазной щели «ex» (exocanthion), а нижняя — соединяла точки углов рта ch (cheilion). При сомкнутых зубах оценивали состояние окклюзионных взаимоотношений и степень перекрытия нижних резцов антагонистами (рис. 2).

В полости рта оценивалось визуальное состояние зубочелюстных дуг обеих челюстей (рис. 3).

Учитывая сложность и громоздкость биометрических исследований зубочелюстных дуг непосредственно в полости рта, данные исследования проводились на моделях челюстей, полученных из супергипса.

Из одонтометрических показателей в нашем исследовании использовались только ширина коронок зубов (без учета вариабельных размеров третьих моляров).

Особенности измерения зубной дуги (в отличие от общепринятых методик) были определены задачами исследования и учета рабочей части трейнеров. Определяли основной периметр дентальной арки, проходящий по вестибулярной поверхности зубов, вблизи окклюзионного контура.

Измерительные точки располагались на наиболее выпуклых поверхностях вестибулярного контура коронок зубов.

Межрезцовая точка (центральная точка дентальной арки), расположенная на месте контакта медиальных резцов с вестибулярной стороны, являлась основным ориентиром для измерения в сагиттальном и диагональном направлении (рис. 4).

В трансверсальном направлении измеряли расстояние между вторыми молярами и между рвущими бугорками клыков.

Диагональные размеры определяли от межрезцовой точки до клыков (передняя диагональ) и до вторых моляров (полная диагональ зубной арки).

Сагиттальный размер (глубина) арки определялась от центральной точки (между резцами) до условной межмолярной трансверсали.

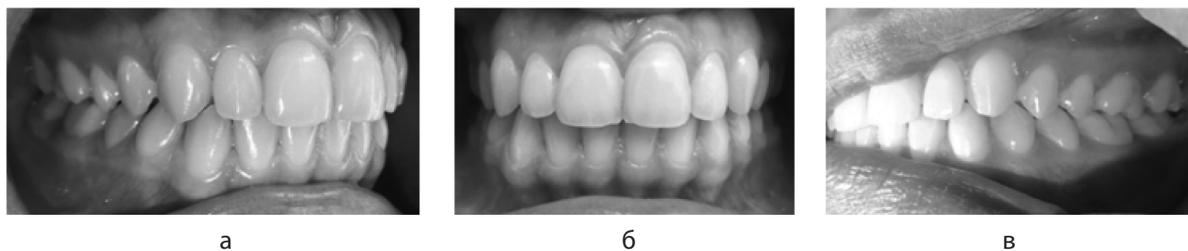


Рис. 2. Состояние окклюзионных взаимоотношений в различных проекциях

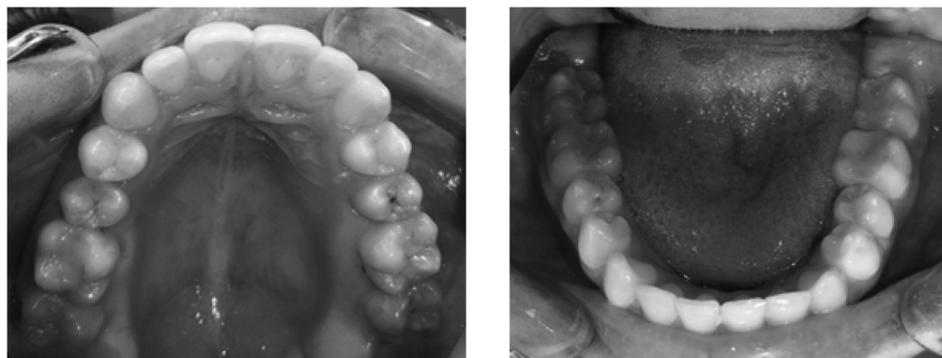


Рис. 3. Форма верхней и нижней дентальных дуг в полости рта

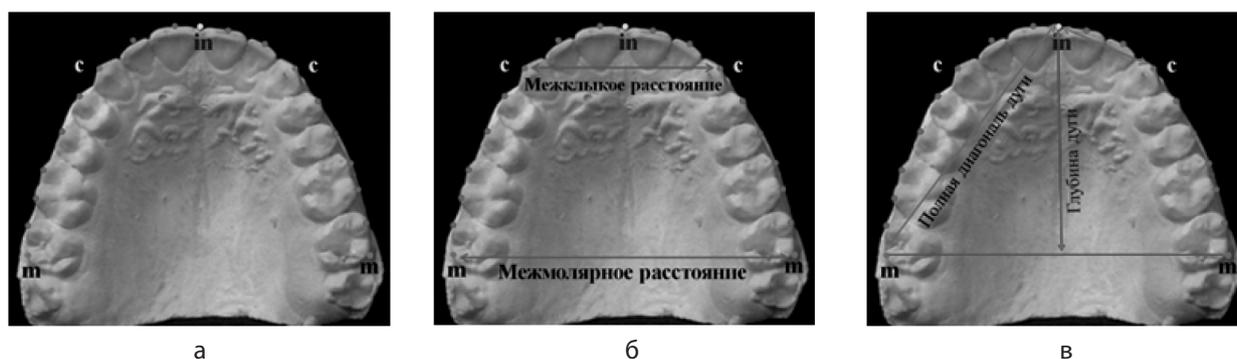


Рис. 4. Основные ориентиры для измерения параметров зубных дуг

Линейные размеры позволяли рассчитать индексные величины и параметры, характеризующие определённые типы дентальных арок и сопоставлять их с параметрами лица.

Основным показателем, который характеризовал дентальный тип арки, являлась суммарная величина межзально-дистальных размеров 14 зубов.

С учётом рекомендаций специалистов длина зубной дуги, цифровые показатели которой составляли 110–117 мм, нами были отнесены к нормодентальному типу верхних дуг. Аналогичный показатель для нижней дуги был 102–114 мм.

Вторым показателем, определяющим гнатический тип арки, было отношение суммарного показателя ширины коронок 14 зубов к трансверсали между вторыми молярами. Для нормогнатии показатель составлял от 1,82 до 1,9 на верхней дуге и от 1,87 до 1,97 — на нижней арке.

Так же, как и на лице, уменьшение или увеличение показателей характеризовало микро- или макродонтизм, либо брахи- или долихогнатии.

Определяли соответствие с типами лица по принадлежности дентальной арки к определённому типу и по соотношению между основными параметрами.

Для определения конвергенции антимеров в дентальной арке гипсовые модели фотографировали в окклюзионной норме с последующим нанесением основных ориентиров и реперных линий для расчетов.

Использовали точки, соответствующие расположению зубной вестибулярной дуги на резцах и премолярах. К тому же на язычной поверхности вблизи средней точки окклюзионного контура премоляров наносили ориентир для построения срединной окклюзионной линии. На середину окклюзионной поверхности моляров наносили точки с вестибулярной и язычной стороны, также для построения окклюзионных линий (рис. 5).

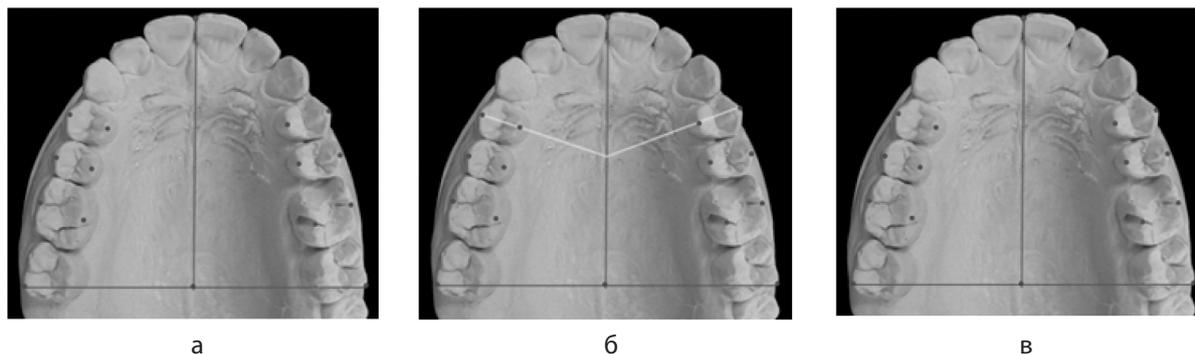


Рис. 5. Метод определения угла конвергенции по условным срединным окклюзионным линиям жевательных и передних зубов

Ориентиром, для правильности построения углов конвергенции антимеров служила срединная сагиттальная линия, расположенная между центральной точкой дентальной арки и срединной точкой межмолярного расстояния. Углы конвергенции определяли транспортом на фотографиях моделей.

Таким образом, предложенный метод диагностики определяет показания к ортодонтическому лечению пациентов с аномалиями окклюзии I класса по Angle, основным критерием которого является величина патологической протрузии/ретрузии передних зубов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Н.А. Оценка методов исследования нормодонтных зубных дуг мезогнатического типа / Н.А. Васильева, М.Н. Пуздырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2. — С. 170–174.
2. Кондратюк А.А. Особенности размеров зубов у людей с нормодонтным брахигнатическим типом зубных дуг. / А.А. Кондратюк, М.Н. Пуздырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2. — С. 228–232.
3. Павлова С.Г. Изучение результатов исследования микродонтных зубных дуг мезогнатического типа / С.Г. Павлова, И.В. Орлова, С.Б. Фищев, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — №5. — С. 154–157.
4. Пуздырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
5. Фищев С.Б. Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными долихогнатическими зубными дугами / С.Б. Фищев, А.Г. Климов, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2-2. — С. 226–230.
6. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
7. Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdreva M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // Archiv euromedica. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
8. Puzdryyova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv euromedica. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P.162–163.
9. Shen L. He F, Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // Sci. Rep. — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
10. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // J. Dent. Res. — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Климов Андрей Геннадьевич (pstom4@zdrav.spb.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap\_75@mail.ru); Поленс Александр Анатольевич (polens66@gmail.com); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Пуздырева Маргарита Николаевна (seven-sp@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АРТРОСКОПИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

## HIP ARTHROSCOPY

**T. Kostava**  
**L. Darchiya**  
**K. Ivanov**  
**A. Ezeev**  
**A. Panov**  
**V. Sopin**

*Summary.* This review article is devoted to the issues of arthroscopy in patients with pathology of the hip joint. The work reveals the indications for this type of procedure, techniques for performing it, effectiveness and necessity of use for various diseases of the hip joint. This article describes the technical features of the arthroscopy technique, including types of approaches. Emphasis is also placed on the use of this treatment method for various diseases of the hip joint, such as labral pathology, focal damage to articular cartilage, avascular necrosis, damage to the round ligament, femoroacetabular impingement syndrome, instability of the hip joint. The literature review includes a number of domestic and foreign studies, the results of which indicate the effectiveness and relative safety of arthroscopy as a method of treating hip pathology. This article also provides literature data from scientific works that studied complications after arthroscopic treatment of diseases of the hip joint. With improved surgical techniques and a better understanding of hip pathologies, more surgeons have begun to perform arthroscopic procedures on the hip for both diagnostic and therapeutic purposes. Femoroacetabular impingement syndrome remains the most common indication for hip arthroscopy. In many studies, this treatment method shows good early and long-term results. It is possible to use an arthroscopic technique in patients who have undergone hip arthroplasty to remove excess cement or revision. Further well-designed studies will clarify the indications for hip arthroscopy in the treatment of patients with hip pathology.

*Keywords:* arthroscopy, hip joint, osteoarthritis, impingement, arthroplasty.

**Костава Тенгиз Вахтангович**

Врач травматолог-ортопед  
 клинико-диагностического отделения взрослых,  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 «Национальный медицинский исследовательский центр  
 травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»  
 tengizv@mail.ru

**Дарчия Леван Юрьевич**

К.м.н., заведующий клинико-диагностического  
 отделения взрослых,  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 «Национальный медицинский исследовательский центр  
 травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»  
 Darchiya@mail.ru

**Иванов Константин Сергеевич**

Заведующий 13-ым отделением,  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 «Национальный медицинский исследовательский центр  
 травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»  
 IvanovKS@mail.ru

**Езеев Алан Рустемович**

К.м.н., врач травматолог-ортопед  
 клинико-диагностического отделения взрослых,  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 «Национальный медицинский исследовательский центр  
 травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»  
 ezeev@mail.ru

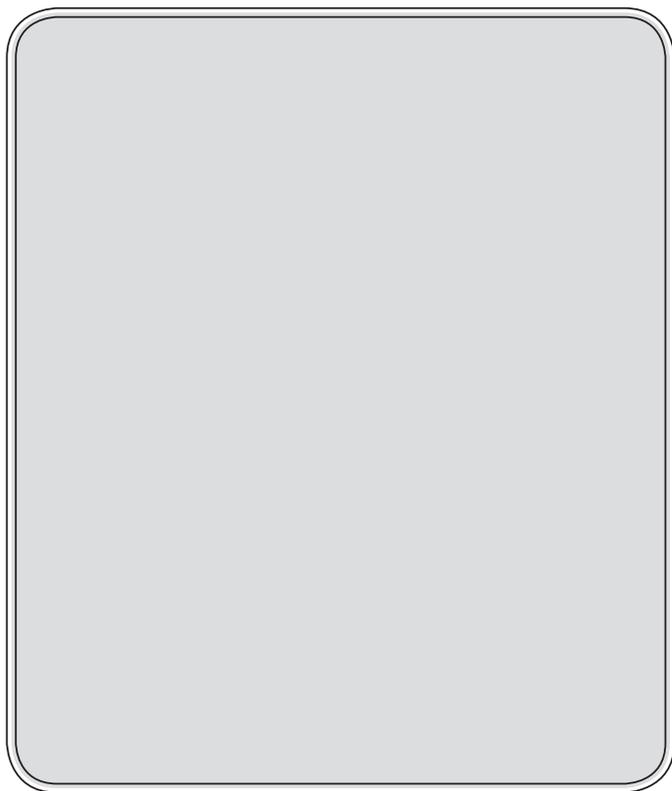
**Панов Андрей Александрович**

Врач травматолог-ортопед, врач по лечебной  
 физкультуре и спортивной медицине,  
 врач физиотерапевт, Федеральное государственное  
 бюджетное учреждение Министерства  
 здравоохранения Российской Федерации «Национальный  
 медицинский исследовательский центр  
 травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»  
 PanovAA@mail.ru

**Сопин Валерьян Зурабович**

Врач травматолог-ортопед  
 клинико-диагностического отделения взрослых,  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 «Национальный медицинский исследовательский центр  
 травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»  
 sopinvz@mail.ru

*Аннотация.* Данная обзорная статья посвящена вопросам артроскопии у пациентов с патологией тазобедренного сустава. В работе раскрываются показания к данному виду процедуре, техники ее выполнения, эффективность и необходимость применения при различных заболеваниях тазобедренного сустава. В данной статье описаны технические особенности методики артро-



### Введение

**В** последнее время в литературе уделяется повышенное внимание внутрисуставной патологии тазобедренного сустава (ТБС) и ее диагностике и лечению. Артроскопию ТБС впервые предложил M.S. Burman в 1931 году [1]. Первое артроскопическое описание разрыва вертлужной губы было в 1986 году [2].

На сегодняшний день эта методика является достаточно хорошо развитым направлением эндоскопической хирургии в США и Европе. В 2008 году в Париже было основано Международное общество артроскопии ТБС (International Society for Hip Arthroscopy, ISHA), которое преследует образовательные и исследовательские цели в области артроскопического хирургического лечения заболеваний ТБС [3]. По данным EFFORT 2017 число артроскопий ТБС значительно выросло за последние 10 лет [4]. В странах восточной Европы и постсоветского пространства литературные данные о результатах артроскопии ТБС немногочисленны [5,6]. По данным крупного исследования в США артроскопии ТБС существенно чаще подвергаются больные белой расы: в 3,9 раза выше, чем у чернокожих, в 5,5 раз выше, чем у латиноамериканцев и в 7,0 раз выше представителей азиатской расы [7].

Минимально инвазивный характер артроскопии ТБС приобрела совсем недавно. Показания к данному виду вмешательства стали существенно расширяться. В на-

скопии, в том числе виды доступов. Также сделан акцент на применении данной методики лечения при различных заболеваниях тазобедренного сустава, таких как патология губы, Очаговое повреждение суставного хряща, Аvascularный некроз, поражение круглой связки, Фемороацетабулярный импинджмент синдром, нестабильность тазобедренного сустава. Обзор литературы включает ряд отечественных и зарубежных исследований, результаты которых свидетельствуют об эффективности и относительной безопасности артроскопии, как метода лечения патологии тазобедренного сустава. Также в данной статье приведены литературные данные научных работ, изучавших осложнения после лечения артроскопическим методом заболеваний тазобедренного сустава. Благодаря усовершенствованным хирургическим методам и лучшему пониманию патологий тазобедренного сустава все больше хирургов начали выполнять артроскопические процедуры на тазобедренном суставе как в диагностических, так и в терапевтических целях. Фемороацетабулярный импинджмент синдром остается наиболее частым показанием к артроскопии тазобедренного сустава. Во многих исследованиях данная методика лечения показывает хорошие ранние и отдаленные результаты. Возможно применение артроскопической методики у пациентов, перенесших эндопротезирование тазобедренного сустава, для удаления избытка цемента или ревизии. Дальнейшие хорошо спланированные исследования позволят уточнить показания к артроскопии тазобедренного сустава при лечении пациентов с патологией тазобедренного сустава.

*Ключевые слова:* артроскопия, тазобедренный сустав, остеоартрит, импинджмент, артропластика.

стоящее время общие показания к артроскопии ТБС включают: симптоматические разрывы губ, хондромные тела, поражения круглой связки, очаговые симптоматические поражения хряща, асептический артрит [8,9]. В литературе имеются сообщения об артроскопическом лечении пигментного виллонодулярного синовита, синовиального хондроматоза, релиза подвздошно-поясничной мышцы при «щелкающем» бедре, а также аваскулярный некроз и нестабильность ТБС (Byrd JW, Jones KS, 2000; Philippon MJ, 2001) [10,11].

### Принципы техники артроскопии

Патологию бедра можно разделить на три отдельные региональные группы: центральная суставная, периферическая суставная и околосуставная. Процедуру можно выполнять как в положении на боку, так и на спине [12,13].

Артроскопия ТБС выполняется с использованием вытяжения на ортопедическом столе в положении лежа на спине или на боку, под рентгеноскопическим контролем [12]. Структуры, которые можно визуализировать при артроскопии тазобедренного сустава, включают головку бедренной кости (БК), вертлужную впадину (ВВ), круглую связку, переднюю, верхнюю и заднюю верхнюю губу, круговую зону, медиальную складку, шейку БК, периферическое соединение головки и шейки БК, место прикрепления сухожилия подвздошно-поясничной мышцы. Использование трех небольших стандартных

доступов и иногда дополнительных позволяет визуализировать и лечить вышеуказанные структуры и связанную с ними патологию.

Пациента укладывают на ортопедический стол в положении лежа на спине так, чтобы промежность опиралась на вертикальную стойку с мягкой подкладкой, а ступни фиксируются в мягких ботинках. Контролируемую тракцию применяют к оперируемой ноге и продолжают под рентгеноскопией до тех пор, пока не будет достигнута дистракция ТБС примерно на 8–10 мм. Величина необходимой трaкции фиксируется, и она уменьшается по мере подготовки операционного поля. Вытяжение применяется повторно перед созданием артрoскопических порталов. Этот метод сокращает время вытяжения и снижает риск повреждения нервов вследствие длительного времени вытяжения [14].

Размещение портов (доступов) может быть выполнено несколькими способами как в положении лежа на спине, так и лежа на боку. Описан достаточно безопасная область (треугольник) для их размещения [12]. Передне-латеральный порт — обычно примерно на 2 см проксимальнее и впереди от большого вертела БК, слегка наклонен вперед. Игла нацелена на проникновение в положение «12 часов» (сверху) через капсулу сустава, минуя верхнюю губу и направляясь в сторону ВВ. Артрoскоп размещается именно через этот порт [15]. Передний порт — артроскопическая игла вводится примерно на четыре пальца медиальнее передне-латерального порта, образуя к нему угол примерно 45–60°. Капсулярная пенетрация выполняется под прямой визуализацией, при этом камера направляется на узкий зазор между головкой БК и верхней губой спереди [15]. Проксимальный переднелатеральный порт — обеспечивает доступ как к периферическому, так и к центральному отделу. Разрез кожи выполняют на 1/3 расстояния между передней верхней подвздошной остью и большим вертелом БК. Затем иглу направляют по направлению к шейке БК под контролем изображения. Затем вводят нитиноловый проводник до тех пор, пока он не достигнет медиальной поверхности капсулы ТБС [16]. Дистальный передне-латеральный порт — целесообразен для работы на латеральной и передне-боковой поверхности шейки БК. Проксимальные и дистальные переднелатеральные порты можно использовать для лечения поражений в области соединения головки и шейки БК в периферическом отделе. Описаны еще несколько менее часто используемых портов. Наиболее распространенной комбинацией используемых портов являются переднелатеральные и передние [17]. Капсулотомия может быть выполнена для облегчения движения камеры и артроскопических инструментов [18]. Капсулотомию выполняют под визуальным контролем с использованием лезвия «банановидного» ножа или радиочастотного зонда. Следует соблюдать осторожность при выполнении огра-

ниченной капсулотомии из-за вероятности развития осложнений [19].

Периферический доступ позволяет хирургу визуализировать переднее соединение головки и шейки БК. Для визуализации поражения бедро сгибают примерно на 45°, и при необходимости может потребоваться дополнительная капсулотомия для улучшения доступа. Описана Т-образная капсулотомия с прохождением вдоль шейки БК [17]. Другие варианты включают использование другого портала для визуализации, например, портала Динста [16]. Этот портал позволяет визуализировать шейки БК непосредственно от проксимального конца.

После размещения портов и ограниченной капсулотомии ТБС при необходимости поворачивают и сгибают наружу, чтобы привести очаг поражения в поле зрения. Затем выполняется динамическая оценка во всем диапазоне движений для детального картирования поражения [18].

#### Фемороацетобулярный импиджмент синдром

Первые упоминания синдрома похожего на фемороацетобулярный импиджмент (ФАИ) появляются в работах Murray в 1964, а затем Solomon и Harris и соавт. [20, 21, 22]. Ряд исследователей полагает, что ФАИ является одной из причин развития коксартроза [23]. Некоторые аномальные морфологические особенности БК приводят к ненормальному контакту между проксимальным ее отделом и краем ВВ во время движений бедра с дальнейшим повреждением гиалинового хряща [24].

В свое время Ganz R и соавт. описали три различных типа ФАИ: «кулачковый», «пинцетный» (в виде рабочей части пинцета или при дословном переводе — клещей) и смешанный. Кулачковый тип ФАИ представляет собой выступ кости в месте соединения головки и шейки БК, часто видимый в передне-латеральной части, что способствует уменьшению или исчезновению «тали» в этой области, тем самым локально увеличивая радиус головки БК, вызывая ее застревание в краю ВВ в конце движения бедра, особенно при внутренней ротации и сгибании [25]. Это приводит к возникновению сдвигающих сил на гиалиновом хряще и его отрыву в хондролабральной области, что, в конечном итоге, может привести к разрыву верхней губы в пораженном участке [26].

Пинцетный импиджмент описывают, как нависание края ВВ, что приводит к ее «углублению» и уменьшению дуги движения до того, как шейка БК встретится с краем этой впадины. Обычно это происходит из-за аномалии развития всей ВВ или локального переднего перекрытия. В этой ситуации верхняя губа сдавливается между краем ВВ и шейкой БК в конечной амплитуде движения,

что приводит к дегенерации верхней губы. Дегенерация происходит либо путем образования кисты, либо путем оссификации края, что приводит к дополнительному углублению ВВ. Повторяющиеся травмы верхней губы приводят к повреждению прилегающей кости.

Существует отчетливая разница в тяжести повреждения хряща при ФАИ первого и второго типа. Хрящевые повреждения обычно менее значительны и более доброкачественны при кулачковом типе. Важно отметить, что, если эффект клещей значителен, в задней части гиалинового хряща вертлужной впадины могут присутствовать «контрпереворотные» поражения. В исследовании Beck M и соавт. описывали данные поражения в головке БК в 62 % и в задне-нижней части ВВ в 31 % случаев [27]. Эти два разных типа поражения редко возникают изолированно, и в большинстве случаев встречается смешанный тип ФАИ [27].

Артроскопическое лечение ФАИ подавало большие надежды, однако опубликованные данные об его эффективности ограничены. В исследование, проведенное Герасимовым С.А. и соавт., было включено 29 пациентов (19 женщин, 10 мужчин) с клинико-рентгенологическими признаками ФАИ [28]. Все они проходили лечение с помощью артроскопической методики. Средний срок наблюдения за пациентами составил  $29,3 \pm 3,1$  месяца. После артроскопии ТБС уже через 3 месяца пациенты отмечали снижение интенсивности болевого синдрома и улучшение функции сустава. Полученные в 13,7 % случаев неудовлетворительные результаты лечения были связаны с наличием распространенных хрящевых дефектов ВВ, не выявленных во время обследования.

В исследовании Мурзич А.Э. были проанализированы результаты 32 артроскопий ТБС, выполненных по поводу ФАИ, хондроматоза и синовита ТБС, остеонекроза головки БК [29]. В 70 % случаев операции были выполнены взрослым пациентам (25–44 года). Артроскопия ТБС выполнялась в положении пациента лежа на спине под общей анестезией через 3 порта: передненаружный, передний, проксимальный передненаружный. Положительный клинический эффект (купирование болевого синдрома, увеличение амплитуды движений в ТБС) был получен при артроскопическом лечении ФАИ. У одного пациента наблюдалось прогрессирующее коксартроза. У двух пациентов отмечена гетеротопическая оссификация мягких тканей.

#### **Очаговое повреждение суставного хряща ТБС**

Повреждения гиалинового хряща могут присутствовать как на вертлужной впадине, так и на головке бедренной кости. Почти 90 % повреждений гиалинового хряща вертлужной впадины происходит в передне-верхней области. Повреждение гиалинового хряща можно лечить

несколькими способами. В своей работе Murphy и соавт. показали, что прогрессирующий ОА с сужением суставной щели является относительным противопоказанием для хирургической коррекции [30]. Хотя в литературе мало информации о процедурах хондральной шлифовки бедра, выполняемых артроскопически, McCarthy сообщил о своем опыте использования техники микропереломов. Результаты от хороших до отличных были достигнуты у 71 процента с повреждениями менее одного сантиметра в ТБС [31].

В своем исследовании Byrd JW и соавт. провели анализ 207 пациентов, которым было проведено артроскопическое лечение ФАИ [32]. Микропереломы в ТБС наблюдались у 58 пациентов. После операции отмечено клиническое улучшение. В работе Karthikeyan и соавт., включавшей 20 пациентов с ФАИ и дефектами ВВ, которым была проведена артроскопия ТБС, выявлены микропереломы [33]. Ни у одного из пациентов после процедуры не развился диффузный ОА. Хорошие результаты были достигнуты у пациентов с минимальными признаками ОА или вообще без них.

#### **Имплантация аутологичных хондроцитов**

Техника имплантации аутологичных хондроцитов (АХЦ) была успешно применена в коленном суставе. Однако АХЦ является более технически сложной в ТБС. Разработка коллагеновых каркасов для удержания культивируемых хондроцитов позволила проводить имплантацию хондроцитов артроскопически. Процедура АХЦ используется в Европе с многообещающими результатами [34]. Другой метод аутологичного матрикс-индуцированного хондрогенеза сочетает в себе плюрипотентные стволовые клетки, присутствующие в зоне микроперелома ТБС, вместе с инъекцией коллагена в дефект для стабилизации хондрогенного тромба [35]. В своих публикациях Mancini D и соавт. сообщили о 5-летнем наблюдении за пациентами, перенесшими процедуры имплантации АХЦ и коллагена [36]. Значительное улучшение наблюдалось через 6 месяцев и продолжало сохраняться до 3 лет.

#### **Травма ТБС**

При травме бедра артроскопия ТБС может использоваться как с диагностическими, так и с лечебными целями. В работе Khanna V и соавт. пришли к выводу, что обычные рентгеновские снимки и компьютерная томография, по-видимому, недооценивают истинную частоту деформаций сустава по сравнению с артроскопией после травматического повреждения бедра [37]. Открытое хирургическое лечение таких случаев, как переломы головки БК и ВВ, вывих бедра, связано с рядом осложнений, приводящих к затягиванию лечения. Артроскопия ТБС уменьшает вероятность развития таких осложнений

и может расцениваться как дополнительное средство лечения этих состояний. В своем исследовании Niгооран G и соавт. анализировали клинические показания, лечение и результаты артроскопии ТБС при травме [38]. Были выявлены следующие показания: извлечение пули при огнестрельном ранении, удаление внутрисуставных свободных тел (осколков), фиксация перелома головки БК, фиксация перелома ВВ, лечение патологии верхней губы, санация отрыва круглой связки.

### Эндопротезирование ТБС

Использование артроскопии ТБС все больше показывает свою эффективность и набирает популярность. Результаты исследования Khanduja V и соавт. свидетельствуют об эффективности артроскопии ТБС, как диагностического метода, у пациента с вмешательством на ТБС в анамнезе [39]. Другие авторы сообщают о возможности использования артроскопии ТБС для удаления лишнего

цемента после тотального эндопротезирования ТБС, а также для оценки износа и удаления остатков износа [40]. Также в литературе имеются данные о проведении артроскопической тенотомии подвздошно-поясничной мышцы у пациентов с болезненной тотальной заменой ТБС [41].

### Выводы

Показания к артроскопии тазобедренного сустава в последние десятилетия становятся все более широкими. Осложнения, вызванные менее инвазивной процедурой по сравнению с открытым хирургическим лечением, сделали артроскопию тазобедренного сустава предпочтительным подходом в лечении. Необходимо проведение клинических исследований применения артроскопических методик для диагностики и лечения больных с патологией ТБС.

### ЛИТЕРАТУРА

- Burman M. Arthroscopy or the direct visualization of joints / M Burman // JBJS. — 1931. — Vol. 13(4). — P. 669–695.
- Suzuki S. Arthroscopic diagnosis of ruptured acetabular labrum. Suzuki S, Awaya G, Okada Y, Maekawa M, Ikeda T, Tada H. Acta Orthopaedica Scandinavica. — 1986. — Vol. 57(6). — P. 513–515.
- Konyves A. Editorial Commentary: International Society for Hip Arthroscopy Surgeons! Time for a Rethink on Rehab! / A Konyves // Arthroscopy. — 2017. — Vol. 33(11):2006. doi: 10.1016/j.arthro.2017.08.272.
- Marin-Pena O. The current situation in hip arthroscopy / O Marin-Pena, M Tey-Pons, L Perez-Carro, HG Said, P Sierra, P Dantas, RN Villar // EFORT Open Review. — 2017. — Vol. 2(3). — P. 58–65. doi: 10.1302/2058-5241.2.150041.
- Милюков А.Ю. Артроскопия тазобедренного сустава / А.Ю. Милюков // Политравма. — 2006. — Т. 2. — С. 22–25. <https://cyberleninka.ru/article/n/artroskopiya-tazobedrennogo-sustava>.
- Орлецкий А.Н. Артроскопическая хирургия тазобедренного сустава / А.Н. Орлецкий, С.В. Малахова, Е.В. Ораев // Москва, 2004. 104 с. <http://www.booksmed.com/ortopediya/2079-artroskopicheskaya-xirurgiya-tazobedrennogo-sustava-mironov-prakticheskoe-posobie.html>.
- Amen TB. national patterns in utilization of knee and hip arthroscopy: an analysis of racial, ethnic, and geographic disparities in the United States / TB Amen, A Chatterjee, SS Rudisill, GP Joseph, BU Nwachukwu, GE Ode, RJ Williams 3rd // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. — 2023. — V. 11(8):23259671231187447. doi: 10.1177/23259671231187447.
- Kelly BT. Hip arthroscopy: current indications, treatment options, and management issues / BT Kelly, RJ Williams III, MJ Philippon // American Journal of Sports Medicine. — 2003. — Vol. 31(6). — P. 1020–1037.
- Byrd JW. Hip arthroscopy: patient assessment and indications / JW Byrd // Institutional Course of Lectures. — 2003. — Vol. 52. — P. 711–719.
- Byrd JW. Prospective analysis of hip arthroscopy with 2-year follow-up / JW Byrd, KS Jones // Arthroscopy. — 2000. — Vol. 16(6). — P. 578–587.
- Philippon MJ. The role of arthroscopic thermal capsulorrhaphy in the hip / MJ Philippon // Clinical Sports Medicine. — 2001. — Vol. 20(4). — P. 817–829.
- Byrd JW. Hip arthroscopy: an anatomic study of portal placement and relationship to the extra-articular structures / JW Byrd, JN Pappas, MJ Pedley // Arthroscopy. — 1995. — Vol. 11(4). — P. 418–423.
- Glick JM. Hip arthroscopy by the lateral approach / JM Glick, TG Sampson, RB Gordon, JT Behr, E Schmidt // Arthroscopy. — 1987. — Vol. 3. — P. 4–12.
- Simpson J. Hip arthroscopy technique and complications / J Simpson, H Sadri, R Villar // Orthopaedics and Traumatology Surgery and Research. — 2010. — Vol. 96. — P. 568–76.
- Massa E. The expanding role of hip arthroscopy in modern day practice / E Massa, V Kavarthapu // Indian Journal of Orthopaedics. — 2019. — Vol. 53(1). — P. 8–14. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho\_12\_18.
- Dienst M. Safe arthroscopic access to the central compartment of the hip / M Dienst, R Seil, DM Kohn // Arthroscopy. — 2005. — Vol. 21. — P. 1510–1514.
- Ekhtiari S. Hip arthroscopic capsulotomy techniques and capsular management strategies: A systematic review / S Ekhtiari, D de Sa, CE Haldane, N Simunovic, CM Larson, MR Safran, OR Ayeni // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. — 2017. — V. 25. — P. 9–23.
- Philippon MJ. Arthroscopic management of femoroacetabular impingement: Osteoplasty technique and literature review / MJ Philippon, AJ Stubbs, ML Schenker, RB Maxwell, R Ganz, M Leunig // The American Journal of Sports Medicine. — 2007. Vol. 35. — P. 1571–1580.
- Domb BG. Arthroscopic capsulotomy, capsular repair, and capsular plication of the hip: Relation to atraumatic instability / BG Domb, MJ Philippon, BD Giordano // Arthroscopy. — 2013. — V. 29. — P. 162–173.

20. Murray RO. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip / RO Murray // *The British Journal of Radiology*. — 1965. — Vol. 38. — P. 810–824.
21. Solomon L. Patterns of osteoarthritis of the hip / L Solomon // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. — 1976. — V. 58. — P. 176–183.
22. Harris WH. Etiology of osteoarthritis of the hip / WH Harris // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 1986. — Vol. 213. — P. 20–33.
23. Jäger M. Femoroacetabular impingement caused by a femoral osseous head-neck bump deformity: clinical, radiological, and experimental results / M Jäger, A Wild, B Westhoff, R Krauspe // *Journal of Orthopaedic Science*. — 2004. — Vol. 9(3). — P. 256–263. doi: 10.1007/s00776-004-0770-y
24. Ganz R. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis / R Ganz, TJ Gill, E Gautier, K Ganz, N Krügel, U Berlemann // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. — 2001. — Vol. 83. — P. 1119–1124.
25. Ganz R. The etiology of osteoarthritis of the hip: An integrated mechanical concept / R Ganz, M Leunig, K Leunig-Ganz, WH Harris // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2008. — Vol. 466. — P. 264–272.
26. Ito K. Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset / K Ito, MA Minka 2nd, M Leunig, S Werlen, R Ganz // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. — 2001. — Vol. 83. — P. 171–176.
27. Beck M. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: Femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip / M Beck, M Kalhor, M Leunig, R Ganz // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. — 2005. — Vol. 87. — P. 1012–1018.
28. Герасимов С.А. Эффективность артроскопии тазобедренного сустава как метода хирургической коррекции фемороацетабулярного импинджмента. Оценка результатов лечения в течение двух лет после операции / С.А. Герасимов, А.А. Зыкин, А.А. Корыткин, Е.А. Герасимов, Я.С. Новикова, Е.А. Морозова, А.В. Новиков // *Гений ортопедии*. — 2020. — Т. 26. — №. 3. — С. 353–358.
29. Мурзич А.Э. Артроскопия в диагностике и лечении патологии тазобедренного сустава / А.Э. Мурзич // *Новости хирургии*. — 2019. — Т. 27. — №. 6. — С. 723–731.
30. Murphy S. Debridement of the adult hip for femoroacetabular impingement: Indications and preliminary clinical results / S Murphy, M Tannast, YJ Kim, R Buly, MB Millis // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2004. — Vol. 429. — P. 178–181.
31. McCarthy JC. The diagnosis and treatment of labral and chondral injuries / JC McCarthy // *Institutional Course of Lectures*. — 2004. — Vol. 53. — P. 573–577.
32. Byrd JW. Arthroscopic femoroplasty in the management of cam-type femoroacetabular impingement / JW Byrd, KS Jones // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2009. — Vol. 467. — P. 739–746.
33. Karthikeyan S. Microfracture for acetabular chondral defects in patients with femoroacetabular impingement: Results at second-look arthroscopic surgery / S Karthikeyan, S Roberts, D Griffin // *American Journal of Sports Medicine*. — 2012. — Vol. 40. — P. 2725–2730.
34. Fontana A. Arthroscopic treatment of hip chondral defects: Autologous chondrocyte transplantation versus simple debridement — A pilot study / A Fontana, A Bistolfi, M Crova, F Rosso, G Massazza // *Arthroscopy*. — 2012. — Vol. 28. — P. 322–329.
35. Fontana A. Autologous membrane induced chondrogenesis (AMIC) for the treatment of acetabular chondral defect / A Fontana // *Muscles Ligaments Tendons Journal*. — 2016. — Vol. 6. — P. 367–371.
36. Mancini D, Fontana A. Five-year results of arthroscopic techniques for the treatment of acetabular chondral lesions in femoroacetabular impingement / D Mancini, A Fontana // *International Orthopaedics*. — 2014. — Vol. 38. — P. 2057–2064.
37. Khanna V. Hip arthroscopy: Prevalence of intraarticular pathologic findings after traumatic injury of the hip / V Khanna, A Harris, F Farrokhyar, HN Choudur, IH Wong // *Arthroscopy*. — 2014. — Vol. 30. — P. 299–304.
38. Niroopan G. Hip arthroscopy in trauma: A Systematic review of indications, efficacy, and complications / G Niroopan, D de Sa, A MacDonald, S Burrow, CM Larson, OR Ayeni // *Arthroscopy*. — 2016. — Vol. 32. — P. 692–730.
39. Khanduja V. The role of arthroscopy in resurfacing arthroplasty of the hip / V Khanduja, RN Villar // *Arthroscopy*. — 2008. — Vol. 24. — P. 3.
40. Mah ET. Arthroscopic removal of acrylic cement from unreduced hip prosthesis / ET Mah, CM Bradley // *Australian and New Zealand Journal of Surgery*. — 1992. — Vol. 62. — P. 508–510.
41. Gédouin JE. Technique and results of endoscopic tenotomy in iliopsoas muscle tendinopathy secondary to total hip replacement: A series of 10 cases / JE Gédouin, D Hutten // *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. — 2012. — Vol. 98. — P. S19–25.

© Костава Тенгиз Вахтангович (tengizv@mail.ru); Дарчия Леван Юрьевич (Darchiya@mail.ru); Иванов Константин Сергеевич (IvanovKS@mail.ru); Езеев Алан Рустемович (ezeev@mail.ru); Панов Андрей Александрович (PanovAA@mail.ru); Сопин Валерьян Зурабович (sopinvz@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ГЕМОКОАГУЛЯЦИОННЫЕ НАРУШЕНИЯ В ОСТРОМ КОВИДЕ И ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ, ОСОБЕННОСТИ ИХ ДИАГНОСТИКИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## HEMOCOAGULATION DISORDERS IN ACUTE COVID AND POSTCOVID PERIOD, FEATURES OF THEIR DIAGNOSIS: LITERATURE REVIEW

*M. Kutina  
S. Parshina*

*Summary.* This review analyzes modern Russian and foreign literature on changes in the state of the hemostasis system in acute covid and after covid-19 infection, analyzes the pathogenetic features of hemocoagulation disorders and their laboratory diagnostics.

There are no official recommendations for the management of patients after covid-19 infection, the question of the state of correction of the hemostasis system during this period requires further research. Global tests help the practitioner to characterize the work of the coagulation system, allow to draw conclusions about its work in the patient's body, to summarize the data of clotting tests. Comparing the capabilities of global tests with each other in the near future will allow us to more accurately determine their sensitivity and specificity in relation to various pathological conditions.

*Keywords:* covid-19, postcovid syndrome, hemostasis in the postcovid period, hemocoagulation diagnostics, clotting tests, global tests.

**Кутина Марина Александровна**

Заведующая терапевтическим отделением  
ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина»  
города Саратов»;

Аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ  
им. В.И. Разумовского МЗ РФ  
haham1984@mail.ru

**Паршина Светлана Серафимовна**

Доктор мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО Саратовский  
ГМУ им В.И. Разумовского МЗ РФ  
1parshinasvetlana@mail.ru

*Аннотация.* В данном обзоре проанализирована современная российская и зарубежная литература по изменению состояния системы гемостаза в остром ковиде и после перенесенной ковид-19 инфекции, проведен анализ патогенетических особенностей нарушений гемокоагуляции и их лабораторной диагностики.

Официальных рекомендаций по ведению пациентов после перенесенной ковид-19 инфекции не существует, вопрос о состоянии коррекции системы гемостаза в этот период требует дальнейших исследований. Глобальные тесты помогают практикующему врачу дать характеристику работы свертывающей системы, позволяют сделать выводы о её работе в организме больного, обобщить данные клоттинговых тестов. Сравнение возможностей глобальных тестов между собой в ближайшее время позволит более точно определить их чувствительность и специфичность по отношению к различным патологическим состояниям.

*Ключевые слова:* ковид-19, постковидный синдром, гемостаз в постковидном периоде, диагностика гемокоагуляции, клоттинговые тесты, глобальные тесты.

**В**спышка SARS-COV-2 вирусной инфекции возникла в Ухане, Китай, в декабре 2019 года. 30 января 2020 года Всемирная организация здравоохранения объявила эту вспышку чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение, а 11 марта — пандемией [1]. Одним из механизмов развития ковид-19 инфекции является нарушение состояния системы гемостаза, которое, нередко, сохраняется в постковидном периоде. Постковидный синдром — это последствия новой коронавирусной инфекции, при которой до 20 % людей, перенёвших коронавирусную инфекцию, страдают от долгосрочных симптомов, длящихся до 12 недель и в 2,3 % случаев дольше [2].

Схемы лечения острой коронавирусной инфекции с учетом оценки эффективности антикоагулянтной терапии изложены в 17 версии клинических рекомендаций МЗ РФ (Временные методические рекомендации. Профи-

лактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) Версия 17 (14.12.2022) [3]. Однако, официальных рекомендаций по ведению пациентов в постковидном периоде не существует, вопрос о состоянии коррекции системы гемостаза в данном периоде остается открытым и требует дальнейших исследований.

### Патогенетические особенности нарушения гемокоагуляции в остром периоде ковид-19 инфекции и в постковидном периоде

Внедрение коронавируса в организм индуцирует чрезмерную, неконтролируемую реакцию врождённого иммунитета с выбросом несбалансированного количества провоспалительных цитокинов (ИЛ (интерлейкин)-1 $\beta$ , ИЛ-18, ФНО (фактор некроза опухоли)- $\alpha$ , ИЛ-6, ИЛ-8 и ИЛ-10), что носит название «цитокинового шторма» [4]. Тяжесть поражения легких коррелирует со степенью легочной инфильтрации ней-

трофилами и макрофагами, а также их большим количеством в периферической крови. Нейтрофилы являются основным источником хемокинов и цитокинов (наряду с CD8 и CD4 Т-лимфоцитами), внеклеточных ловушек нейтрофилов (NET), что приводит к поражению лёгких и блокаде микроциркуляции, развитию так называемых «иммунотромбозов» [3, 4, 5, 6].

Высвободившиеся цитокины провоцируют интерстициальное воспаление, эндотелиальное повреждение и активацию коагуляции, в патогенезе которой ключевая роль принадлежит тканевому фактору. Он выделяется моноцитами, а также повреждёнными либо активированными вследствие действия цитокинов эндотелиальными клетками. В результате образуется тромбин, что приводит к тромбозам альвеолярных капилляров [7]. В западной литературе даже появился термин «лёгочная интраваскулярная коагуляция». Это процесс внутрисосудистого свертывания в капиллярах лёгкого, который играет важную роль в развитии острого респираторного дистресс-синдрома [4]. Гиперкоагуляцию относят к важным аспектам патогенеза COVID-19 [8]. Механизм гиперкоагуляции при коронавирусной инфекции, предположительно, связан с выраженной эндотелиальной дисфункцией (эндотелий несет на себе рецепторы АПФ (ангиотензинпревращающий фермент) и является мишенью для вируса SARS-COV-2) [9].

Характерным морфологическим проявлением COVID-19 является системная ангиопатия с выраженным генерализованным поражением микроциркуляторного русла в виде повреждения эндотелия, даже эндотелиита, с замедлением кровотока, агрегацией тромбоцитов и микротромбозом. Так, в легких, это ярко проявляется альвеолярно-геморрагическим синдромом, однако аналогичные нарушения микроциркуляции наблюдаются и в других органах (в сердце, головном мозге, почках, желудочно-кишечном тракте), что нередко впоследствии приводит к развитию постковидного синдрома [10, 11, 12]. Кроме того, для COVID-19 характерен синдром гиперкоагуляции, усиливающий проявления как микроангиопатии, так и ведущий к развитию тромбозов крупных артерий и вен с тромбоэмболическим синдромом. Особенно ярко ангиопатия проявляется на фоне предшествующих коморбидных заболеваний с различными поражениями сосудистого русла. Дестабилизируются ранее стабильные атеросклеротические бляшки в артериях сердца, головного мозга, кишечника, конечностей. Как результат — инфаркты миокарда, инсульты, гангрена, тромбоэмболия легочной артерии [10, 11, 12].

Важно отметить, что повреждение эндотелия сосудов легких и других органов само по себе является важным индуктором синдрома гиперкоагуляции, так же как и агрессивный иммунный ответ. Клиническое течение COVID-19 характеризуется гиперкоагуляцией

с удлинением протромбинового времени, повышением уровня Д-димера и фибриногена в сыворотке крови, при почти нормальном АЧТВ (активированное частичное тромбопластиновое время), что приводит к развитию системной тромботической микроангиопатии, сходной с синдромом диссеминированного внутрисосудистого свертывания, а также к тромбозам и тромбоэмболиям [10,11,12].

Именно распространенность и тяжесть нарушений сосудисто-тромбоцитарного гемостаза и поражения сосудов отличают COVID-19 от тяжелых респираторных синдромов другой этиологии, формируя новой представлением о патогенезе и подходах к лечению [8].

Частота тромботических осложнений колеблется от 21 до 31 % [6].

#### Лабораторные особенности нарушения гемостаза при ковид-19 инфекции

При первичном обследовании пациента с подозрением на COVID-19 или госпитализации с подтвержденным диагнозом COVID-19 необходим скрининг нарушений системы гемостаза. В первую очередь необходимо исследовать протромбиновое время, Д-димеры, концентрацию фибриногена, общий анализ крови, включающий подсчет количества тромбоцитов [13].

Считается, что определяющим для диагностики острой коагулопатии на фоне ковид-19 инфекции является определение уровня Д-димера. Выявлена зависимость между повышением уровня Д-димера и степенью тяжести пациентов, необходимостью проведения более интенсивной терапии, прогнозом заболевания [14, 15, 16].

N. Tang, D. Li, X. Wang, Z. Sun (2020) показали, что значительно повышенный уровень Д-димера является одним из предикторов смерти: у умерших средний показатель составлял в среднем 2,12 мкг/мл (диапазон 0,77–5,27 мкг/мл), в то время как у выживших — 0,61 мкг/мл (диапазон 0,35–1,29 мкг/мл) при норме менее 0,5 мкг/мл. Уровень Д-димера > 2500 нг/мл являлся независимым фактором риска утяжеления заболевания до критического у 4103 пациентов с подтвержденной новой коронавирусной инфекцией наряду с насыщением крови кислородом < 88 %, уровнем ферритина > 2500 нг/мл и СРБ(С-реактивный белок) > 200 мг/л [17].

Пациентов, у которых уровень Д-димера повышен в 3–4 раза, необходимо госпитализировать в стационар даже при отсутствии других симптомов тяжести, поскольку это явно указывает на увеличение выработки тромбина [3, 4, 6].

Н.А. Воробьева, А.И. Воробьев проанализировали уровень Д-димера у 109 пациентов с диагнозом подтвержденной новой коронавирусной инфекции, вызванной SARS-CoV-2, пневмонией средне-тяжелого течения, госпитализированных в отделение для больных с коронавирусной инфекцией Первой городской клинической больницы имени Е.Е. Волосевич г. Архангельска. Авторы показали, что уровень Д-димера является наиболее значимым маркером тяжести заболевания и прогнозирования риска смерти при данной инфекции. Увидели, что существует взаимосвязь между выраженностью воспалительного процесса и состоянием тромбинемии при внебольничной пневмонии как бактериального, так и вирусного генеза, включая грипп и COVID-19 [18].

Перед каждым практикующим врачом всегда стоит вопрос — присутствует ли у больного повышенное образование фибрина и неадекватное повышенное тромбообразование или, наоборот, недостаточное образование этого белка определяет склонность к кровоточивости [19].

Клоттинговые тесты в развернутой коагулограмме измеряют только отдельные факторы или цепочки реакций из всего каскада свертывания, описывая лишь малую часть процесса образования фибринового сгустка. Глобальные же тесты представляют собой попытку интегрального подхода к характеристике работы свертывающей системы. Они характеризуют конечный этап всего каскада, анализируют процесс превращения фибриногена в фибрин и образование фибринового сгустка. На данный момент таких подходов три: тест генерации тромбина, тромбоэластография/тромбоэластометрия и тромбодинамика. Каждый из этих тестов обладает особенностями, наделяющими его индивидуальными способностями к регистрации различных состояний свертывающей системы крови [19, 20].

Метод тромбодинамики реализован путем фотографической регистрации роста фибринового сгустка в гетерогенной *in vitro* системе без перемешивания, в данном методе воплощена модель поврежденной сосудистой стенки [19, 20].

В основу положено представление о том, что в живом организме свертывание крови активируется локально, в месте повреждения эндотелия кровеносного сосуда или на поверхности клеток, несущих молекулы тканевого фактора. Рост фибринового сгустка начинается около места повреждения эндотелия, затем распространяется вглубь кровеносного сосуда уже без контакта с активирующей поверхностью [19,20].

Именно второй из этих процессов определяет конечные размеры фибринового сгустка в организме, предопределяя тем самым его способность к остановке

кровотечения или отсутствие таковой. При тенденции к образованию сгустков чрезмерных размеров появляется склонность к тромбозу [20, 21].

А.В. Губкин с соавт. проанализировали особенности гемостаза пациентов ковидного госпиталя ЦКБ «РЖД-медицина» на Волоколамском шоссе в Москве. Было проведено наблюдение за 6254 пациентами с ковид-19 инфекцией. Из них — 5744 больным проведен тест тромбодинамика. При анализе выяснилось, что у пациентов с лихорадкой и пневмонией выявляется выраженная гиперкоагуляция по данным тромбодинамики. При этом показатели стандартной коагулограммы не отражали реальность гиперкоагуляции. Введение низкомолекулярного гепарина в терапевтической дозе 40 мг/сутки не влияло на состояние пациентов и не приводило к преодолению гиперкоагуляционного состояния. Подбор индивидуальной дозы низкомолекулярного гепарина осуществлялся также с помощью теста тромбодинамики [22].

Максимальные уровни лечебной гипокоагуляции зафиксированы при внутривенной гепаринотерапии острых тромбозов по общепринятым протоколам. При достижении АЧТВ 90–100 с скорость роста сгустка составляла 4–5 мкм/мин по данным тромбодинамики. При этом признаков геморрагического синдрома не наблюдалось, что говорит о безопасности такой гипокоагуляции. По результатам проводимой терапии большому количеству пациентов сформировалось четкое понимание последовательности изменений тромбодинамических характеристик [22].

Тест тромбодинамика показывает преимущества для оценки гиперкоагуляционного состояния в период пандемии COVID-19. Он привлекает простой и наглядной интерпретацией результатов, удобно прописанными нормами, которые позволяют четко определить уровень коагуляции и точно скорректировать терапию для достижения искомым показателей (гипокоагуляции). Это тест, который способен выявлять спонтанные сгустки [22].

Принцип теста генерации тромбина основан на способности к определению динамики концентрации образующегося тромбина [19].

Методика определения была предложена в 1953 году R. Macfarlane и R. Biggs.

Тест проводится помощью флуориметра, в лунках планшета смешивается смесь образца исследуемой плазмы с активатором. Образующийся тромбин расщепляет субстрат, этот процесс фиксируется автоматически флуориметром. На основании измерений посредством специального программного обеспечения выстраивается кривая генерации тромбина. Данный метод в насто-

ящее время нашел широкое практическое применение в диагностике тромбофилии и гемофилии, но есть исследователи, которые изучили особенности данного теста в период пандемии коронавирусной инфекции [19].

О.Ю. Матвиенко, О.А. Смирнова с соавт. проанализировали состояние системы гемостаза у 88 пациентов с тяжелым и средне-тяжелым течением новой коронавирусной инфекции, госпитализированных в инфекционный корпус ГБУЗ Ленинградской области «Всеволожская клиническая межрайонная больница». Обследовано 45 мужчин и 43 женщины в возрасте от 26 до 90 лет. Взятие крови для исследования системы гемостаза осуществлялось в первые дни госпитализации в стационар. Исследование проводили в бедной тромбоцитами плазме без добавления тромбомодулина и с добавлением такового. Добавление в реакционную смесь тромбомодулина позволяет определить чувствительность к тромбомодулину, которая характеризует эффективность работы антикоагулянтной системы протеина С [23].

В качестве контроля использовали образцы плазмы крови практически здоровых лиц.

Обследование пациентов с COVID-19 инфекцией выявило значительное повышение генерации тромбина и снижение чувствительности к тромбомодулину, что свидетельствует о наличии выраженных гиперкоагуляционных изменений и угнетении работы системы протеина С, что может приводить к развитию неблагоприятных тромботических событий [23].

Paul Billoir с соавт. во Франции проанализировали состояние системы гемостаза у 100 пациентов с COVID-19, госпитализированных в специализированные инфекционные медицинские подразделения. Установили, что тест генерации тромбина является интересным инструментом для прогнозирования клинических исходов у пациентов, инфицированных SARS-CoV-2, чем уровень Д-димера. Авторы увидели, что можно оценить свертываемость в глобальном масштабе, измеряя выработку тромбина. Этот метод изучает инициацию, распространение и ингибирование свертывания, позволяя наблюдать профили риска гипо— или гиперкоагуляции [24].

Метод тромбоэластографии/тромбоэластометрии основан на возможности измерять эластические свойства образующегося сгустка. Метод помогает врачу получить характеристику процесса превращения фибриногена в фибрин и сформировать понимание об образовании конечного фибринового сгустка. Доктор получает информацию о механической способности сгустка к сопротивлению потоку крови [19].

В настоящее время опубликовано несколько отчетов, описывающих ранний опыт применения тромбоэласто-

графии (ТЭГ) или ротационной тромбоэластометрии (роТЭМ) для исследования у пациентов, поступивших с тяжелой формой COVID-19 в учреждения интенсивной терапии в Италии и США [19].

M. Panigada с соавт. оценили особенности гиперкоагуляционных нарушений у пациентов с ковид-19 инфекцией с помощью тромбоэластографии у 24 пациентов, поступивших в отделение интенсивной терапии [24]. Они отметили, что время реакции и время образования сгустка были короче, чем у контрольной популяции. К-угол и значения максимальной амплитуды (МА) фиксировались выше, чем в группе контроля, а лизис сгустка через 30 мин был ниже у 100 % пациентов с COVID-19 [24].

Похожие результаты были получены с помощью тромбоэластографии T.K. Maatman и F.L. Wright, которые показали связанное с COVID-19 состояние гиперкоагуляции, относящееся к нарушению фибринолиза [25, 26].

V. Ravoni с соавт. увидели достоверные доказательства состояния гиперкоагуляции при тяжелом COVID-19 с помощью ротационной тромбоэластометрии, увидели, что изменяется плотность фибриногенового сгустка после 10 дней болезни, что свидетельствует об изменениях гемокоагуляции при снижении системного воспалительного ответа [27].

J.R. Mortus, S.E. Manek, L.S. Brubaker et al. выявили, что большая часть пациентов, госпитализированных в отделение интенсивной терапии Медицинского центра Бейлор Сент-Люк, имеет клинически значимые тромбозы, они были диагностированы на основании показателей тромбоэластографии. Все пациенты получали стандартную антикоагулянтную профилактику тромбоза глубоких вен при поступлении в отделение интенсивной терапии и терапевтическую антикоагуляцию (инфузия гепарина или эноксапарина (2 мг/кг/сут) при тромботических осложнениях. Пациентам при поступлении выполняли ТЭГ и ТЭГ с коррекцией гепариназы. Гиперкоагуляция определялась как повышенная активность фибриногена под углом более чем 73° или максимальная амплитуда более 65 мм на ТЭГ с поправкой на гепариназу [27, 28]. В это исследование был включен 21 пациент (диапазон возрастов 50–89 лет). Международное нормализованное отношение (МНО), уровни тромбопластина и тромбоцитов находились в пределах нормальных значений, но уровни фибриногена и Д-димера были повышены.

По результатам анализа у 19 пациентов (90 %) была обнаружена гиперкоагуляция ТЭГ, у 13 пациентов (62 %) выявлены клинические признаки тромботических событий. Показатели клоттинговых тестов оставались в пределах референтных значений [27, 28].

ТЭГ и роТЕМ подходят для предварительной оценки риска тромботических осложнений у пациентов с умеренным или тяжелым COVID-19, из-за особенностей тестирования и их свойств в качестве единого теста, который может оценить различные компоненты и стадии коагуляции и функции тромбоцитов у постели больного [27, 28].

### Лабораторные особенности нарушения гемокоагуляции в постковидном периоде

При анализе российской и зарубежной литературы о лабораторных особенностях гемокоагуляционных нарушений в постковидном периоде встречаются единичные статьи. Данный вопрос остается малоизученным и представляет большой интерес.

Г.А. Артемьева, А.И. Калинская провели оценку различных звеньев гемостаза с помощью теста тромбодинамики через несколько месяцев после перенесенной COVID-19 инфекции. Пациентов, выписанных из инфекционного стационара, приглашали для обследования через 2,3–3,8 (1-я группа — 55 человек) и 4,6–5,7 мес (2-я группа — 45 человек) от дня госпитализации. Результаты стандартной коагулограммы, агрегации, тромбодинамики и фибринолиза сравнивались на разных сроках после болезни и с группой контроля (37 человек), набранной до пандемии. Во 2-й группе уровень Д-димера был значимо выше, а активированного частичного тромбопластинового времени — ниже, чем в 1-й, уровни фибриногена, протромбина значимо не различались. Агрегация тромбоцитов, индуцированная ацетилсалициловой кислотой, аденозиндифосфатом, пептидами, активирующими рецепторами тромбина, спонтанная агрегация значимо не различалась между группами. В обеих исследуемых группах была выявлена гипокоагуляция по сравнению с группой контроля по данным тромбодинамики: снижение скорости роста сгустка: V 27,3 мкм/мин и 28,3 мкм/мин, против 32,6 мкм/мин у группы контроля. Размер и плотность сгустка также были значимо ниже, чем в контрольной. Активность фибринолиза во 2-й группе оказалась выше, чем в контрольной группе и в 1-й группе. Время начала лизиса в обеих группах было значимо короче, чем в контрольной. Установлено, что в отдаленный период коронавирусной инфекции у пациентов отмечается нормализация параметров тромбообразования, но остается повышенной активация системы фибринолиза [29].

Г.А. Батищева, Ю.В. Ходарина с соавт. проанализировали медицинские карты 92 пациентов отделения медицинской реабилитации и пульмонологического отделения ЧУЗ «КБ «РЖД-Медицина» г. Воронеж» с перенесенной новой коронавирусной инфекцией.

Авторы выделили 2 группы пациентов: 1 группа, больные до 60 лет (53 человека) и 2 группа, больные старше 60 лет (39 человек).

При анализе стандартной коагулограммы показатели редко выходили за пределы нормы, у 5,6 % первой группы выявлено увеличение фибриногена, у второй группы был повышенный уровень фибриногена в 17,9 % случаев [30].

Е.Д. Чой проанализировал патофизиологические сдвиги в системе гомеостаза у 250 пациентов перенесших COVID-19. Возрастной диапазон обследованных лиц составил от 18 до 75 лет. Обследование проводилось в Центре восточной и европейской медицины (г. Москва). Для диагностики постковидного синдрома впервые в РФ апробирован монохромный анализатор наночастиц (МАН), позволяющий определять гиперкоагуляционные нарушения в постковиде по слюне. Метод основан на обнаружении вклада в рассеяние лазерного излучения в среднечастотном диапазоне спектра на наночастицах размером от 119 до 121 нм.

В более чем 90 % случаев у больных в постковидном периоде регистрировались выраженные гиперкоагуляционные сдвиги в системе гомеостаза [31].

V.O. Puntmann и соавт. выявили, что одним из проявлений постковидного периода являются отсроченные тромботические события. На момент выявления 95 % из них бессимптомны. 39 % тромбов локализируются в артериях конечностей, 24 % — в церебральных, 9 % — в коронарных, 8 % — в верхней брыжеечной артериях, 19 % — в крупных сосудах (аорте, общей подвздошной, общей сонной артериях и брахиоцефальном стволе). Смертность в этой группе около 20 %. Тромботические события произошли примерно через 78 дней после выздоровления. При комплексном обследовании признаков атеросклеротической болезни и тромбофилии ни у одного из них не выявлено. В остром периоде тромбоза диагностирована гиперкоагуляция — выраженное повышение уровня D-димера, фибриногена, фактора VIII и антигена фактора Виллебранда. Увеличение трех последних показателей наблюдалось и через 2–3 месяца от начала острого тромбоза, что подтверждало сохраняющийся высокий риск тромбообразования [32].

A. Magomedov с соавт. обследовали 13 пациентов в критическом состоянии в остром ковиде и провели последующие обследования через три месяца после выписки из отделения интенсивной терапии. Была получена информация о нормализации измененных при болезни параметров роТЭМ (ротационной тромбоэластометрии). Авторы обнаружили признаки гиперкоагуляции в остром периоде ковид-19 инфекции. Трехмесячное наблюдение показало нормализацию исходных нарушений свертываемости крови и отсутствие признаков венозного тромбоза у всех тринадцати пациентов [33].

F.A. von Meijenfeldt с соавт. в своей работе отдельно оценивали тромбообразование и фибринолиз в отда-

ленном периоде после COVID-19 у 52 пациентов через 4 мес после болезни. Авторы увидели, что сохранялось повышение фактора VIII, тест генерации тромбина демонстрировал гиперкоагуляцию, хотя уровень комплексов тромбин-антитромбин нормализовался, а увеличение тромбинового потенциала не ассоциировалось с увеличением протромбина или снижением антитромбина 3 или протеина С, которые являются важными детерминантами генерации тромбина. При оценке фибринолиза выявлялось повышение уровня PAI-1 (анализ полиморфизма гена), и снижение по сравнению с контролем уровня комплексов плазмин-антиплазмин, что свидетельствует об угнетении фибринолиза. Результаты исследования показали длительно сохраняющиеся изменения в системе гемостаза после перенесенной коронавирусной инфекции [30].

### Заключение

Глобальные тесты помогают практикующему врачу дать характеристику работы свертывающей системы, позволяют сделать выводы о её работе в организме больного, помогают обобщить данные клоттинговых тестов. Каждый из глобальных тестов обладает своими уникальными характеристиками. Сравнение возможностей глобальных тестов между собой в ближайшее время позволит более точно определить их чувствительность и специфичность по отношению к различным патологическим состояниям в остром периоде ковид-19 инфекции и в после перенесенной SARS-CoV-2 инфекции, поскольку данный вопрос не изучен и требует дальнейших исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия. Доступно по: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пандемия\\_COVID-19](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пандемия_COVID-19). Ссылка активна на 01.11.2023.
2. Nat Med. 2021 Apr; 27(4):626–631. Epub 2021 Mar 10. Attributes and predictors of long COVID. doi: 10.1038/s41591-021-01292-y.
3. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) Версия 17 (14.12.2022).
4. Рекомендации МГНОТ по диагностике и интенсивной терапии синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови при вирусном поражении легких. Под редакцией проф. Воробьева П.А. и проф. Елыкомова В.А. Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2020;5-6. doi: 10.26347/1607-2502202005-06099-111
5. Бицадзе В.О., Хизроева Д.Х., Макацария А.Д. и др. COVID-19, септический шок и синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови. Часть 2. Вестник РАМН. 2020;75(3):214–225. doi:10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2020.169
6. Галстян Г.М. Коагулопатия при COVID-19. Пульмонология. 2020;30(5):645–657
7. Marongiu F., Grandone E., Barcellona D. Pulmonary thrombosis in 2019-nCoV pneumonia? J. Tromb. Haemost. 2020;18(6):1511–1513. doi:10.1111/jth.14818.
8. Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. JAMA. 2020; 324 (8) 782–793. doi: 10.1001/jama.2020.12839
9. Abd El-Aziz TM, Stockand JD. Recent progress and challenges in drug development against COVID-19 coronavirus (SARS-CoV-2) — an update on the status. Infect Genet Evol. 2020; 83: 104327. doi:10.1016/j.meegid.2020.104327
10. Зайратьянц О.В., Самсонова М.В., Михалева Л.М., Черняев А.Л., Мишнев О.Д., Крупнов Н.М., Калинин Д.В. Патологическая анатомия COVID-19: Атлас. Под общей ред. Зайратьянца О.В. М.: ГБУ «Ниоизмм ДЗМ»; 2020. doi:10.18093/0869-0189-2020-30-5-519-532
11. Верткин А.Л., Зайратьянц О.В., подходы к лечению covid-19 с позиции коррекции эндотелиопатии и профилактики тромботических осложнений; журнал Медицинский алфавит Номер: 7 Год: 2021 Страницы: 46–50 ISSN: 2078-5631 doi: 10.33667/2078-5631-2021-7-46-50
12. Явелов И.С., Драпкина О.М. COVID-19: состояние системы гемостаза и особенности антитромботической терапии. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020;19(3):2571. doi:10.15829/1728-8800-2020-2571 doi:10.15829/1728-8800-2020-2571
13. Thachil, J., Tang, N., Gando, S., Falanga, A., Cattaneo, M., Levi, M., Clark, C. and Iba, T. (2020), ISTH interim guidance on recognition and management of coagulopathy in COVID-19. J Thromb Haemost. Accepted Author Manuscript. doi:10.1111/jth.14810
14. Tang N, Li D, Wang X, Sun Z. Abnormal coagulation parameters are associated with poor prognosis in patients with novel coronavirus pneumonia. J Thromb Haemost. 2020;18 (4):844–847. doi:10.1111/jth.14768.
15. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang W, Ou C, He J, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. N. Engl. J. Med. 2020;382 (18):1708–1720. doi:10.1056/NEJMoa2002032.
16. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. Lancet. 2020;395(10223):497–506. doi:10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
17. Petrilli CM, Jones SA, Yang J, Rajagopalan H, O'Donnell L, Chernyak Y, et al. Factors associated with hospital admission and critical illness among 5279 people with coronavirus disease 2019 in New York City: prospective cohort study. BMJ. 2020;369:m1966. doi:10.1136/bmj.m1966
18. Воробьева, Н.А. Прогностическая значимость д-димера при COVID-19 / Н.А. Воробьева, А.И. Воробьева // Проблемы стандартизации в здравоохранении. — 2021. — № 5–6. — С. 36–42. doi:10.26347/1607-2502202105-06036-042. — EDN AYAAXX.
19. Серебрянский И.И. Глобальные и «локальные» тесты системы гемостаза в диагностике гиперкоагуляционного синдрома. Журнал Справочник заведующего КДЛ Номер: 12 Год: 2012 Страницы: 27–34.
20. Будыкина Т.С., Гурьева В.М., Верхолюмова Ф.Ю. Эффективный инструмент оценки состояния гемостаза во время беременности: тромбофотометрия динамическая (тромбодинамика). Российский вестник акушера-гинеколога. 2015;15(4):95–100. doi:10.17116/rosakush201515495-100

21. Верткин А.Л., Авдеев С.Н., Ройтман Е.В., Сучков И.А., Кузнецова И.В., Замятин М.Н., Стойко Ю.М., Журавлева М.В., Зайратьянц О.В. Вопросы лечения COVID-19 с позиции коррекции эндотелиопатии и профилактики тромботических осложнений. Согласованная позиция экспертов. Профилактическая медицина. 2021;24(4):45–51. doi:10.33667/2078-5631-2021-7-46-50
22. Губкин А.В., Шабуров Р.И., Черёмушкин С.В., Латыпов Р.С., Рыбина О.В., Атаулаханов Ф.И. особенности диагностики и лечения двс-синдрома у пациентов, инфицированных вирусом covid-19 журнал: гематология. Трансфузиология. Восточная европа Том: 7 Номер: 1 Год: 2021,Страницы: 90–97
23. Оценка состояния системы гемостаза у пациентов с коронавирусной инфекцией с помощью теста генерации тромбина / О.Ю. Матвиенко, О.А. Смирнова, А.А. Лернер [и др.] // Бюллетень медицинской науки. — 2021. — № 2(22). — С. 95–98. doi:10.31684/25418475\_2021\_2\_95. — EDN ZIWTZI.
24. Panigada M., Bottino N., Tagliabue P., Grasselli G., Novembrino C., Chantarangkul V. et al. Hypercoagulability of COVID-19 patients in intensive care unit: A report of thromboelastography findings and other parameters of hemostasis. J Thromb Haemost. 2020;18(7):1738–1742. doi: 10.1111/jth.14850.
25. Wright F.L., Vogler T.O., Moore E.E., Moore H.B., Wohlauer M.V., Urban S. et al. Fibrinolysis Shutdown Correlation with Thromboembolic Events in Severe COVID-19 Infection. J Am Coll Surg. 2020;231(2):193–203.e1. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2020.05.007.
26. Maatman T.K., Jalali F., Feizpour C., McGuire S.P., Kinnaman G., Hartwell J.L. et al. Routine Venous Thromboembolism Prophylaxis May Be Inadequate in the Hypercoagulable State of Severe Coronavirus Disease 2019. Crit Care Med. 2020;48(9):e783–e790. doi: 10.1097/CCM.0000000000004466.
27. Pavoni V., Ganesello L., Pazzi M., Stera C., Meconi T., Frigieri F.C. Evaluation of coagulation function by rotation thromboelastometry in critically ill patients with severe COVID-19 pneumonia. J Thromb Thrombolysis. 2020;50(2):281–286. doi: 10.1007/s11239-020-02130-7.
28. Barnes G.D., Burnett A., Allen A., Blumenstein M., Clark N.P., Cuker A. et al. Thromboembolism and anticoagulant therapy during the COVID-19 pandemic: interim clinical guidance from the anticoagulation forum. J Thromb Thrombolysis. 2020;50(1):72–81. doi: 10.1007/s11239-020-02138-z.
29. Артемьева Г.А., Калининская А.И., Мальцева А.С., Артемьев А.И., Розин А.Н., Лебедева А.Ю., Васильева Е.Ю. Изменения гемостаза в отдаленный период после перенесенной коронавирусной инфекции. Креативная кардиология. 2021; 15 (3): 377–88. DOI: 10.24022/1997-3187-2021-15-3-377-388
30. Von Meijenfeldt F.A., Havervall S., Adelmeyer J., Lundström A., Magnusson M., Mackman N. et al. Sustained prothrombotic changes in COVID-19 patients 4 months after hospital discharge. Blood. Adv. 2021; 5 (3): 756–9. doi: 10.1182/bloodadvances.2020003968
31. Чой Е.Д. «Долгий ковид» (постковидный синдром): механизм возникновения, диагностика и реабилитация. Медицинский алфавит. 2021;(41):20–26. doi:10.33667/2078-5631-2021-41-20-26
32. Fan B.E., Umapathi T., Chua K., Chia Y.W., Wong Sh.W., Tan G.W.L., Chandrasekar S., Lum Y.H., Vasoo Sh., Dalan R. Delayed catastrophic thrombotic events in young and asymptomatic post COVID-19 patients. J Thromb Thrombolysis. 2021; 51 (4): 971–977. doi: 10.1007/s11239-020-02332-z.
33. Magomedov A., Zickler D., Karaivanov S., Kurreck A., Münch F.H., Kamhieh-Milz J. et al. Viscoelastic testing reveals normalization of the coagulation profile 12 weeks after severe COVID-19. Sci. Rep. 2021; 11 (1): 13325. doi: 10.1038/ s41598-021-92683-1

© Кутина Марина Александровна (haham1984@mail.ru); Паршина Светлана Серафимовна (1parshinasvetlana@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ЭКЗОГЕННЫЙ АЛЛЕРГИЧЕСКИЙ АЛЬВЕОЛИТ. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

## EXOGENOUS ALLERGIC ALVEOLITIS. A CLINICAL CASE

**K. Magomedova  
Z. Nadirova  
A. Taygibova**

*Summary.* The article presents a clinical case of a patient with a rare diagnosis: Idiopathic alveolitis with an outcome of pulmonary fibrosis. A case is presented with a blurred clinical picture, constant «walking by pulmonologists in search of a diagnosis», diagnostic problems and difficulties in treatment.

*Keywords:* exogenous allergic alveolitis, etiological factors, diagnosis, treatment.

**Магомедова Камила Алиевна**

Ассистент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Махачкала)  
mishaa282@gmail.com

**Надирова Зайнаб Абдулмуслимовна**

Доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Махачкала)  
nadirova.zaynab@mail.ru

**Тайгибова Айхали Гамидовна**

Ассистент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Махачкала)  
aikhali@mail.ru

*Аннотация.* В статье представлен клинический случай пациента с редким диагнозом: Идиопатический альвеолит с исходом в легочный фиброз. Представлен случай со смазанной клинической картиной, постоянной «ходьбе по пульмонологом в поисках диагноза», проблемами диагностики и трудностями в лечении.

*Ключевые слова:* экзогенный аллергический альвеолит, этиологические факторы, диагностика, лечение.

Экзогенные аллергические альвеолиты (ЭАА), либо гиперчувствительные пневмониты (ГП) — патологическое течение в легких, сопровождающееся воспалением и/или фиброзом легочной паренхимы и мелких дыхательных путей которое, может встречаться в следствии иммуноопосредованной реакции на вторичные воздействия ингаляционных антигенов [10]. Заболеваемость ГП составляет 1,28–1,94 случая на 100 тыс. народонаселения в год. Но распространенность и заболеваемость ГП в большей степени непросто рассчитать с достаточной точностью, т.к. большая часть случаев заболевания не диагностируется или диагностируется неверно, а общепризнанных критериев по диагностике ГП пока что не существуют. К тому же, распространенность заболевания значительно различается в связи со страной и регионом проживания, что объясняется географическими, климатическими и сезонными факторами [1]. ГП часто отмечают в возрасте 50–60 лет [9], но, однако может встречаться в молодом возрасте и у детей [11].

Возникновению ЭАА предрасполагают такие причинные факторы, как:

1. бактериальные (термофильные актиномицеты, *Bacillus subtilis*, *Micropolispora faeni*);
2. грибковые (*Aspergillus fumigatus*, *Aitemaria*, *Penicillium casei*, *Penicillium glaucum*, *Cravium aureobasidium pullans*, *Cryptostroma corticale*, различные плесневые грибы);
3. белковые антигены животного происхождения (сывороточные белки и экскременты птиц, крупного рогатого скота, свиней, клещи);
4. антигены растительного происхождения (опилки деревьев, заплесневелая солома, пыль, содержащая частицы хлопка, льна, конопли.);
5. антигены лекарственных препаратов (противомикробные, ферментные препараты, средства белкового происхождения, контрастные вещества и др.)

Отметим некоторые отрасли, деятельность в коих способствует возникновению ЭАА: аграрная: работники

птицеводческих, животноводческих отраслей; пищевая промышленность: производство молочных продуктов, сыров; текстильное производство: отделка меха, хлопка и др.; химическая и фармацевтическая промышленность; деревообрабатывающая индустрия (связь с пентахлорфенолами).

Особенно часто одними из разновидностей ЭАА считается «легкое фермера», «медикаментозные аллергические альвеолиты». «Легкое фермера», встречается в той географической местности, где преобладает влажный и холодный климат. В его формировании важным фактором считаются актиномицеты *Thermoactinomyces vulgaris* и *Micropolyspora faeni*, в том числе грибы рода *Aspergillus fumigatus*. В особенности патогенными числятся *Thermoactinomyces vulgaris* и *Micropolyspora faeni*. Как указано ранее ГП возникает у лиц после повторного попадания антигена. В большинстве подобное влияние не удается установить. Вторичное влияние этиотропного антигена вызывает развитие гуморального (III тип реакций гиперчувствительности) и клеточного (IV тип реакций гиперчувствительности) иммунного ответа с возникновением главным образом лимфоцитарного воспаления с образованием гранулем [13]. Главную роль в возникновении иммуноопосредованной реакции на экзогенное влияние играет ген больного, в особенности, полиморфизм генов II класса антигенов гистосовместимости HLA, протеосом, транспортеров белков, тканевых ингибиторов матриксных металлопротеиназ [4,12], которые ассоциируются с патологической активностью фибробластов и возникновением фибротического фенотипа ГП [3]. Выявление ГП представляет значительные сложности и зачастую влечет за собой постановку неверного диагноза.

ГП проявляется в качестве острой, подострой, хронической клинической формы, но во многих случаях эти формы наслаиваются. Встает вопрос, почему только у некоторых из подвергшихся влиянию лиц может развиться это заболевание. Это обусловлено плохой информированностью врачей в отношении данного заболевания, кроме этого, потребностью выполнения индивидуальных высокотехнологичных способов исследования [5].

Клиника, течение заболевания, иммуногенетические и патоморфологические изменения, появляющиеся в легких в результате воздействия указанных ранее этиофакторов, не имеют существенной разницы, и дает возможность объединить их общим названием «экзогенный аллергический альвеолит». Имитируя вирусный синдром, острое воздействие антигенов вызывает резкое возникновение сухого кашля, одышки, озноба, артралгии, недомогания, спустя 48 часов. Таким образом, связь между действием антигена и симптомами может быть внезапной [7].

При гистологическом исследовании можно выявить лимфоциты, утолщающие альвеолярные стенки с плохо сформировавшимися гранулами или гигантскими клетками. В бронхоальвеолярном содержимом у многих больных встречается более 20 % лимфоцитов. [6,8].

На КТ в острых или подострых ситуациях наблюдаются матовые и плохо очерченные узелки с участками воздуха, в то время как при хронических формах можно увидеть сетчатые помутнения, уменьшение размера и тракционные бронхоэктазы, наслаивающиеся на подострые изменения. Необходимо выделить, что подострый и хронический ГП может изображать некоторое количество интерстициальных заболеваний легких, включительно неспецифическую и обычную интерстициальную пневмонию, которое значительно усложняет диагностику. В результате, диагноз ГП подвергается сомнению и необходимо рассматривать каждого больного с клиникой интерстициального заболевания легких. Врачам нужен большой уровень знаний для постановки диагноза ГП до того момента как возникнет легочный фиброз или произойдет рестрикция дыхательных путей [2].

Заключительный диагноз можно будет выставить при наличии воздействия антигена, данных клиники, рентгенологических, лабораторных исследований.

Своевременное исследование и предупреждение последующего влияния представляются основными в лечении заболевания. Терапия ГП обычно включает в себя, конечно же, исключение контакта с антигеном, назначения глюкокортикостероидов и или иммуносупрессантов, направленного на подавление активного воспалительного иммунного ответа и симптоматическое лечение. Применение нинтеданиба у больных с прогрессирующим фиброзным интерстициальным заболеваниями легких приводит к замедлению скорости снижения легочной функции в сравнении с плацебо.

*Рассмотрим клинический случай пациента с Экзогенным аллергическим альвеолитом хронического течения с исходом в легочный фиброз.*

*Пациент Гасанбеков Т.Н. 1984 года рождения находился на лечении в отделении терапии Махачкалинской клинической больницы с 10.10.2022 г по 20.10.2022г.*

При поступлении предъявлял жалобы: на одышку смешанного характера при умеренной физической нагрузке, эпизоды «свистящего дыхания», выраженное головокружение, снижение слуха, шум в ушах, эмоциональную лабильность, бессонницу, слабость.

**Из An. morbi:** Длительно страдает Экзогенным аллергическим альвеолитом. Неоднократно проводил амбулаторное и стационарное лечение с временным

положительным эффектом. Базисно длительное время принимал СеллСепт 1г x 2 раза в день, онбрез 150 мкг, однако последний год данную терапию не принимает. Ежегодно наблюдается в ФГБУ НИИ пульмонологии ФМБА России. Последнее амбулаторное обследование и лечение от 08.12.2022, отмечалась отрицательная динамика (МСКТ ОГК отмечается нарастание ретикулярных изменений, появление участков сотового легкого, снижение спирометрических показателей). Последний месяц отмечает нарастание одышки, снижение толерантности к физической нагрузке, в связи с чем обратился к участковому врачу, кем было рекомендовано стационарное обследование и лечение.

**Из An. vitae:** рос и развивался соответственно возрасту. Из перенесенных заболеваний: ОРЗ, детские инфекции. Туберкулез, вирусные гепатиты, венерические заболевания отрицает. Наследственность не отягощена. Вредные привычки отрицает. Аллергологический анамнез не отягощен. Операции, травмы отрицает. В анамнезе — Двусторонняя сенсоневральная тугоухость I-II степени (высокочастотный тип). Тиннитус.

**Status praesens:** общее состояние больного средней степени тяжести, нормостенического телосложения. Кожные покровы обычной окраски и влажные. Периферические лимфоузлы (подчелюстные, шейные, подмышечные, паховые) не увеличены, не спаяны, безболезненны. Костно-мышечная система без деформаций. Т тела 36,6С. SpO2 = 96, при выполнении 6-MWT десатурация до 89 %.

Система органов дыхания: грудная клетка цилиндрической формы, обе половины симметрично участвуют в акте дыхания. Перкуторно ясный легочной звук. Пальпаторно — голосовое дрожание одинаково проводится с обеих сторон. Аускультативно — дыхание везикулярное, крепитация в н/отделах с обеих сторон. ЧДД 18 в 1 минуту.

Система органов кровообращения: Верхушечный толчок пальпаторно в V межреберье. Левая граница сердца по левой среднеключичной линии, правая у правой окологрудной линии, верхняя — 2е межреберье слева, тоны сердца ясные, ритмичные. ЧСС уд в 86 минуту, АД 120/70 мм рт ст. Пульс 86 ударов в 1 минуту, удовлетворительного напряжения и наполнения, ритмичный.

Система органов пищеварения: язык чистый. Глотание свободное, безболезненное. Живот нормальной формы. При пальпации — мягкий безболезненный в эпигастрии. Печень не выступает из под края реберной дуги. Размеры печени по Курлову 10-9-7

Система органов мочевого выделения: Область почек на глаз не изменена. Симптом поколачивания отрицательный. Мочеиспускание свободное, безболезненное.

Проведены исследования

Общий анализ крови Дата — 11.10.22

Эр(10<sup>12</sup>/л)— 5,0 Эозинофилы — 1,8

НВ (г/л)-148 лимфоциты — 30,7

Тр.(10<sup>9</sup>/л)— 180 Моноциты% — 8,1

Лейкоциты (10<sup>9</sup>/л) — 8,4 СОЭ — 18

Общий анализ мочи Дата — 10.10.22

Цвет — с/ж, Уд. Вес — 1010, Белка — нет,

Лейкоциты-2-1-1, Эпителий — 3-5-4

Биохимический анализ крови: Дата — 10.10.22

Глюкоза — 5,42 ммоль/л, Креатинин — 80,9 мкмоль/л

Билирубин, Общ/прям — 13,74/отр

АЛТ — 27,1 МЕ/л, АСТ 28,3 МЕ/л, ЩФ-248, Амилаза — 87,2, СРБ отр

о/белок — 79,5 ммоль/л

Липидный профиль Дата — 10.10.22

Холестерин — 5,33 ммоль/л, ЛПНП — 3,43 ммоль/л

ЭКГ: Синусовая аритмия, ЧСС 64. Горизонтальное положение ЭОС.

**Спирометрия** — Значительное снижение вентиляционной способности легких вследствие вентиляционных нарушений обструктивно-рестриктивного типа. Бронхиальная обструкция значительно выражена. (на уровне средне-дистальных отделов бронхов). ОФВ1=40 %. ЖЕЛ 37 %.

**МСКТ** (амб. от 10.10.22) МСКТ — признаки идиопатического фиброзирующего альвеолита. Артериальная легочная гипертензия.

Консультация невролога: Астено-невротический синдром.

Выставлен клинический диагноз: Экзогенный аллергический альвеолит хронического течения с исходом в легочный фиброз. Бронхообструктивный синдром тя-

желой степени тяжести. Легочная гипертензия 2ст. ДН II ст с вентиляционными нарушениями по рестриктивно-обструктивному типу.

Сопутствующий диагноз: Астено-невротический синдром. Двусторонняя сенсоневральная тугоухость I–IIст (высококачастотный тип). Тиннитус.

ПРОВЕДЕННОЕ ЛЕЧЕНИЕ: через небулайзер: физ. р-р 2,0 + будесонид; спилто респимат, малопоточная кисло-

родотерапия, АЦЦ Лонг, транквезипам, пентоксифиллин, физиотерапия. винпоцетин

На фоне проеденной терапии отмечает улучшение самочувствия: уменьшилась одышка, кашель не беспокоит, несколько повысилась толерантность к физической нагрузке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев С.Н. Гиперчувствительный пневмонит. Пульмонология. 2021;31(1):88–99.
2. Авдеев С.Н., Чикина С.Ю., Тюрин И.Е. и соавт. Хронические фиброзирующие интерстициальные заболевания легких с прогрессирующим фиброзным фенотипом: резолюция Междисциплинарного Совета экспертов. Пульмонология. 2021. 31 (4): 505–510. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-4-505-510>
3. Aquino-Galvez A., Camarena A., Montaña M. et al. Transporter associated with antigen processing (TAP) 1 gene polymorphisms in patients with hypersensitivity pneumonitis. *Exp. Mol. Pathol.* 2008;84:173–177.
4. Camarena A., Juarez A., Mejia M. et al. Major histocompatibility complex and tumor necrosis factor-alpha polymorphisms in pigeon breeder's disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2001; 163:1528–1533.
5. Camarena A., Aquino-Galvez A., Falfan-Valencia R. et al. PSMB8 (LMP7) but not PSMB9 (LMP2) gene polymorphisms are associated to pigeon breeder's hypersensitivity pneumonitis. *Respir. Med.* 2010;104:889–894.
6. Dalphin JC. Extrinsic allergic alveolitis in agricultural environment. *Rev Prat.* (1992) 42:1790–6. 12. Morell F, Villar A, Ojanguren I, Muñoz X, Cruz MJ, Sansano I, et al. Hypersensitivity pneumonitis and (Idiopathic) pulmonary fibrosis due to feather duvets and pillows. *Arch Bronconeumol.* (2021) 57:87–93.
7. Fernandez Perez E.R., Kong A.M., Raimundo K. et al. Epidemiology of hypersensitivity pneumonitis among an insured population in the United States: a claims-based cohort analysis. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2018;15:460–469
8. Hanak V., Golbin J.M., Ryu J.H. Causes and presenting features in 85 consecutive patients with hypersensitivity pneumonitis. *Mayo Clin. Proc.* 2007;82:812–816
9. Hill M.R., Briggs L., Montaña M.M. et al. Promoter variants in tissue inhibitor of metalloproteinase-3 (TIMP-3) protect against susceptibility in pigeon breeders' disease. *Thorax* 2004;59:586–590.
10. Jinta T., Miyazaki Y., Kishi M. et al. The pathogenesis of chronic HP in common with IPF. *Am. J. Clin. Pathol.* 2010;134:613–620
11. Mohr L.C. Hypersensitivity pneumonitis. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2004; 10 (5): 401–411. DOI: 10.1097/01.mcp.0000135675.95674.29.
12. Raghu G., Remy-Jardin M., Ryerson Ch. J. et al. Diagnosis of hypersensitivity pneumonitis in adults. An Official ATS/JRS/ALAT Clinical Practice Guideline. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020; V. 202, Iss. 3: pp e36–e69.
13. Selman M., Pardo A., King T.E. Jr. Hypersensitivity pneumonitis: insights in diagnosis and pathobiology. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2012;186: 314–324

© Магомедова Камила Алиевна (mishaaa282@gmail.com); Надирова Зайнаб Абдулмуслимовна (nadirova.zaynab@mail.ru); Тайгибова Айхали Гамидовна (aikhali@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕЙОМИОМЫ

Малай Дмитрий Александрович

ФГБОУ ВО Кубанский государственный  
медицинский университет Минздрава России  
malaydmitry@gmail.com

## IMMUNOHISTOCHEMICAL PREREQUISITES FOR THE APPEARANCE OF LEIOMYOMA

D. Malay

*Summary.* Uterine leiomyoma is a hormone-dependent benign tumor that arises from smooth muscle cells (SMCs) of the myometrium. Surgical treatment of this pathology consists of its removal — myomectomy (ME) or uterine artery embolization (UAE). The effectiveness of these types of surgical interventions remains insufficiently high. Despite the latest surgical treatment concepts, the risk of recurrence of uterine leiomyoma remains relevant. According to data from literature sources [1–4], a favorable outcome after surgical interventions ranges from 15 to 50 %, and the frequency of new ones performed due to relapses ranges from 17 to 37 %. This type of tumor is accompanied by the release of a corresponding number of immunohistochemical protein markers: proliferation marker (Ki-67), vascular endothelial growth factor (VEGF), progesterone receptors (PgR) and estrogen receptors (ER), proto-oncogene p16, antioncogene p53 and smooth muscle actin. Evaluation of the expression of these elements allows one to clearly identify a recurrent form of uterine leiomyoma. In addition, the medical literature [3–5] describes other etiological risk factors that predispose to recurrence of leiomyoma: the patient's age, concomitant gynecological diseases (including pelvic inflammatory diseases), a history of childbirth, the patient's cardiometabolic profile, use of oral contraceptives, hormonal disorders, premenopausal status, etc. Taking into account the above factors makes it possible to identify in advance the likelihood of recurrence and prescribe competent treatment, taking into account the etiology.

*Keywords:* leiomyoma, relapse, risk factors, vascular endothelial growth factor (VEGF), progesterone receptors (PgR) and estrogen receptors (ER), p16 proto-oncogene, p53 antioncogene, SMC-actin.

### Актуальность работы

Выявление зависимости экспрессии гистохимических маркеров и частоты рецидивирования позволит прогнозировать постоперационные осложнения и, потенциально, позволит открыть новые возможности в ранней диагностике лейомиомы.

*Цель:* выявить прогностические факторы рецидива лейомиомы после миомэктомии (МЭ) и эмболизации маточных артерий (ЭМА).

После осуществления миомэктомии (МЭ) и эмболизации маточных артерий (ЭМА) существует вероятность рецидива лейомиомы матки, т.к. этиологическая при-

*Аннотация.* Лейомиома матки — гормонозависимая доброкачественная опухоль, которая возникает из гладкомышечных клеток (ГМК) миометрия. Оперативное лечение данной патологии заключается в ее удалении — миомэктомии (МЭ) или эмболизации маточных артерий (ЭМА). Эффективность данных видов хирургического вмешательства остается недостаточно высокой. Несмотря на новейшие хирургические концепции лечения риск возникновения рецидива лейомиомы матки остается актуальным. Согласно данным из источников [1–4], благоприятный исход после проведенных хирургических вмешательств составляет от 15 до 50 %, а частота вновь проведенных по поводу возникновения рецидивов — от 17 до 37 %. Данный вид опухоли сопровождается выделением соответствующего ряда иммуногистохимических белков-маркеров: маркер пролиферации (Ki-67), сосудисто-эндотелиального фактора роста (VEGF), рецепторы к прогестерону (PgR) и эстрогену (ER), протоонкоген p16, антионкоген p53 и гладкомышечный актин. Оценка экспрессии данных элементов позволяет заведомо выявить рецидивирующую форму лейомиомы матки. Кроме того, в медицинской литературе [3–5] описываются другие этиологические факторы риска, предрасполагающие к рецидивированию лейомиомы: возраст пациентки, сопутствующие гинекологические заболевания (в том числе воспалительные заболевания органов малого таза), роды в анамнезе, кардиометаболический профиль пациентки, употребление оральных контрацептивов, гормональные нарушения, пременопаузальный статус и др. Учет вышеперечисленных факторов позволяет заранее выявить вероятность рецидива и назначить грамотное лечение, с учетом этиологии.

*Ключевые слова:* лейомиома, рецидив, факторы риска, сосудисто-эндотелиальный фактор роста (VEGF), рецепторы к прогестерону (PgR) и эстрогену (ER), протоонкоген p16, антионкоген p53, ГМК-актин.

чина конкретного случая могла быть не выявлена и не устранена. Исходя из данных литературы [1–4], благоприятный исход такого оперативного лечения без шанса возникновения рецидивов составляет от 15 до 50 %, а частота вновь проведенных хирургических вмешательств по поводу возникновения рецидивов — от 17 до 37 %. Чтобы заранее предупредить возникновение повторного возникновения лейомиомы матки, необходимо учитывать ряд иммуногистохимических маркеров, факторы риска и установление определенной этиологической причины рецидивирования.

Имуногистохимия — метод распознавания определенного белка — иммуногистохимического маркера

(ИГМ) путем обработки гистологических препаратов мечеными антителами, которые выявляют антигены, в данном случае тканеассоциированные белки. С диагностической точки зрения можно выделить несколько маркеров, которые могут свидетельствовать о рецидиве лейомиомы матки.

Фактор роста эндотелия сосудов (VEGF) — специфический белок, который вырабатывается большинством клеток для запуска системы ангиогенеза — роста новых сосудов в уже существующей сосудистой системе. Маркеры VEGF образуют кровеносную систему, вокруг дезоксигенированной ткани в случае, когда наблюдается генерализованная или локальная сосудистая недостаточность. Следует заметить, что инвазивный рост любой опухоли с разрушением базальной мембраны ткани сопровождается образованием новых сосудов вокруг неё, т.к. для активного роста опухоли требуется кислород и питательные вещества, что и приводит к повышенной выработке фактора роста эндотелия сосудов (VEGF). Поэтому оценка экспрессии этого белка служит одним из критериев иммуногистохимии рецидива лейомиомы матки.

Ki-67 — ядерный белок, имеющий две полипептидные цепи с молекулярной массой 345 и 395 кДа, который связан с клеточной пролиферацией и экспрессируется в фазах митотического цикла S, G1, G2, и M, кроме G0[5]. Ki-67 образует молекулярный димер, связанный с 10-й хромосомой. Этот белок показывает количество делящихся опухолевых клеток в процентарном соотношении. Маркер Ki-67 можно использовать для прогноза опухолевого заболевания и ответа патологии на химиотерапевтическое лечение. Предотвращает сворачивание хромосом в единую массу хроматина, образуя стерический барьер и барьер электростатического заряда: белок обладает высоким суммарным электрическим зарядом и действует как поверхностно-активное вещество, рассеивая хромосомы и придавая независимую подвижность [6–7]. Однако этот фактор недолговечен — он деградирует через 1–2 часа после синтеза. Поскольку экспрессия Ki-67 не имеет достаточного времени и количества для накопления в стационарных клетках, можно предположить, что антитела против этого белка могут появляться только в клетках, находящихся в процессе деления.

Рецептор прогестерона (PgR) и рецептор эстрогена (ER) располагаются на многих клетках различных тканей и органов и являются родственными стероидными рецепторами. Они способствуют реализации действия эстрогена и прогестерона на клеточную регуляцию метаболизма.

Протоонкоген p16 — белок, который уменьшает деление клеток, замедляя прогрессию клеточного цикла от фазы G1 к фазе S, тем самым действуя супрессорным

эффектом на опухоль. Он кодируется геном CDKN2A. Хромосомные абберации в этом гене могут привести к недостаточному или нефункциональному p16, что ускоряет клеточный цикл и приводит ко многим видам рака.

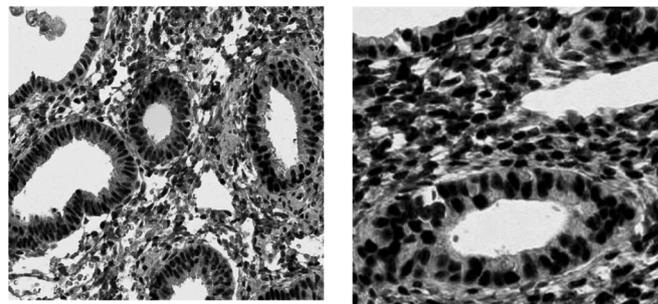


Рис. 1. Рецепторы прогестерона (PgR), рецепторы эстрогена (ER)

Антионкоген p53 — транскрипционный белок, регулирующий клеточный цикл. Действует в качестве супрессора при многих типах опухолей, в частности лейомиомы матки. Этот фактор способен к инициации программы апоптоза и остановке роста в зависимости от типа клетки и воздействующих факторов. Немаловажное значение этого белка заключается в качестве транс-активатора.

Гладкомышечный актин (ГМК-актин) — глобулярный сократительный белок, являющихся главным компонентом микрофиломентной системы гладкомышечной клетки. По данным литературы [6] известно 6 основных изоформ актина. В иммуногистохимическом анализе антитела к α-актину гладкомышечных клеток миометрия являются одними из наиболее надежных маркеров для определения рецидивирования лейомиомы матки. Наличие клеток перicyтов вокруг сосудистых структур является признаком доброкачественного течения опухоли, в отличие от злокачественного процесса, где количество перicyтарных клеток снижено [6–7]. Высокая экспрессия ГМК-актина наблюдается при умеренной степени пролиферативной формы, где степень экспрессии гладкомышечного актина слабее, или непролиферативной формы лейомиомы матки. Иммуногистохимическое окрашивание антителами против α-актина гладкомышечных клеток миометрия может помочь в идентификации и классификации лейомиом матки [6–7].

Изучение иммуногистохимических данных из источников [7,8] показало, что в миоматозных узлах повышена концентрация Ki-67, VEGF, p16, ER и PgR, которые являются патогенетическими факторами рецидивирования миомы матки. Установлено, что экспрессия фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) выше в ткани опухоли рецидивирующего типа, предопределяющая этот процесс. Уровень Ki-67 точно также повышает свою экспрессию, что отражает повышенный пролиферативный потенциал

опухолевых клеток, как и повышенные уровни ER и PgR в миоматозной ткани. Кроме того, повышенная экспрессия перицитов вокруг сосудистых образований говорит нам о доброкачественном течении рецидивирования. Количественная характеристика ГМК-актина тоже увеличивается. Экспрессия антионкогена p53, по-видимому, не имеет существенного значения для этиологии рецидивирующей миомы матки, поскольку статистически значимых различий не наблюдалось. В связи с этим использовать его для диагностики доброкачественных новообразований не представляется возможным.

Морфологически рецидивирующая лейомиома состоит из взаимосвязанных массивов гладкомышечных клеток, которые отличаются фиброзной перегородкой и зоной гиалиноза. В сосудах со стороны эндотелия можно наблюдать утолщенные стенки, возникающие за счет гиперплазии. Кроме того, можно наблюдать сокращение гладких мышц, охватывающих как единичные артериолы, так и мелкие кровеносные сосуды, окруженные грубыми коллагеновыми волокнами, участками гиалиноза и прилегающими тканями, в которых скапливаются гемосидерофаги и гранулы гемосидерина. Наблюдается усиленная экспрессия перицитарных клеток вокруг сосудов. В этих случаях также обнаруживается повышенный уровень ГМК-актина [6–8].

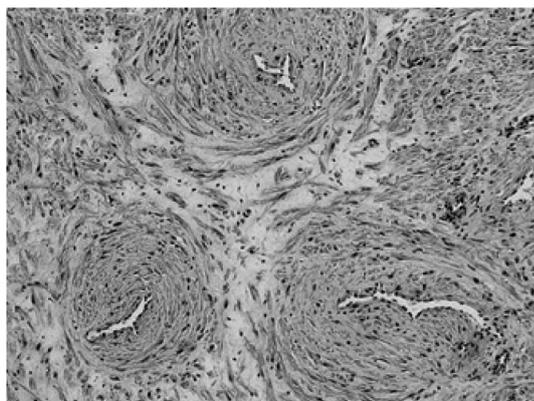


Рис. 2. Микроскопический препарат рецидивирующей лейомиомы матки

Считается, что причиной рецидива лейомиомы может быть целый ряд факторов. К ним относятся неправильное применение гормональных контрацептивов с нарушением соотношения эстрогена и прогестерона, избыточное потребление витамина D, курение у женщин с низким индексом массы тела [8,9], пожилой возраст, пременопаузальное состояние, сопутствующие сердечно-сосудистые патологии, приводящие к недостаточному кровоснабжению матки, наследственная предрасположенность, предшествующие поздние роды и некоторые продукты питания (например, соевое молоко) [10,11]. Кроме того, исследования показали, что

употребление красного мяса может быть одним из факторов риска [11].

Одной из наиболее распространенных причин рецидивирования может являться инсулинорезистентность. Повышенный титр инсулина приводит к увеличению глюкозы и липидов в крови, в частности ЛПОНП и ЛПНП, которые являются основополагающими в патогенезе атеросклероза. В конечном счете инсулинорезистентность приводит к сильнейшим биохимическим нарушениям с формированием метаболического синдрома, определяющий предпосылки возникновения рецидивирования лейомиомы матки на фоне неблагоприятного кардиометаболического профиля у женщин.

Воспалительные заболевания органов малого таза (ВЗОМТ) в 37,8 % случаев выявлены как одни из наиболее фигурирующих протективных факторов рецидивирования лейомиомы матки [12]. У этих женщин обнаружены хламидийная инфекция в 78,1 % случаев, вызванная кокковидными грамтрицательными бактериями *Chlamydia trachomatis*, уреаплазменная инфекция (*Ureaplasma urealyticum*) — в 81,7 % и совокупность некоторых других возбудителей в 79,3 % случаев. Все перечисленные факторы свидетельствуют о немаловажной роли инфекционного процесса в развитии рецидивирования лейомиомы [13].

Некоторые исследователи [9, 14] полагают, что способ выполнения миомэктомии может быть прогностически значимым для рецидива; считается, что использование лапароскопического подхода в данной манипуляции повышает вероятность рецидива опухоли по сравнению с лапаротомией, поскольку во втором случае можно выявить и удалить больше миоматозных узлов.

Исследования показали, что такие препараты, как мифепристон или агонисты гонадотропин-рилизинг-гормона, могут иметь высокое значение для снижения вероятности рецидива лейомиомы матки после миомэктомии. Основным преимуществом мифепристона является его широкий спектр действия и отличная переносимость пациентками. По сравнению с женщинами, принимающими гормональную терапию противозачаточными таблетками (34,7 %), у тех, кто получал мифепристон, частота рецидивов была значительно ниже (8,6 %). Другим возможным вариантом является использование селективных модуляторов прогестероновых рецепторов, в том числе урипристала ацетата (УПА), в качестве эффективных противорецидивирующих средств [16]. По мнению авторов, УПА может стать достойным аналогом адъювантной терапии. Исследований долгосрочной перспективы противорецидивного эффекта этого препарата не проводилось.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян Л.В., Киселев С.И., Зурабиани З.Р. Эндоскопия в диагностике и лечении патологии матки. М.; 1997; 1: 200–4.
2. Поротикова И.Е., Адамян Л.В., Гаврилова Т.Ю., Демура Т.А., Козаченко И.Ф., Доброхотова Ю.Э., Асатурова А.В. Особенности хирургического лечения больных миомой матки после ранее перенесенной неэффективной эмболизации маточных артерий и ФУЗ-МРТ абляции. Проблемы репродукции. 2016; 22(3): 45–52.
3. Тоноян Н.М., Козаченко И.Ф., Франкевич В.Е., Чаговец В.В., Адамян Л.В. Рецидивы миомы матки. Современный взгляд на проблемы диагностики, лечения и прогнозирования. Акушерство и гинекология. 2019; 3: 32–8.
4. Караваев Ю.Е., Аскольская С.И., Коган Е.А., Арсланян К.Н., Бурькина П.Н. Прогностические критерии рецидива лейомиомы матки после реконструктивно-пластических операций. Акушерство и гинекология. 2013; 5: 54–7.
5. Коган Е.А., Аскольская С.И., Попов Ю.В., Соломахина М.А., Файзуллина Н.М. Лейомиомы матки больших размеров: патогенетические механизмы роста. Клиническая практика. 2016; 7(1): 22–8.
6. Лысенко О.Н., Ашхаб М.Х., Стрижова Н.В., Бабиченко И.И. Иммуногистохимические исследования экспрессии рецепторов к стероидным гормонам при гиперпластических процессах в эндометрии // Архив патологии. — 2004. — Т. 66, № 2. — С. 7–10.
7. Шрамко С.В., Бондарев О.И., Коваль Е.Ю., Лоскутова Е.Ю., Подтуркина Т.К., Шишеев Е.Ю., Станков А.И., Елдинова О.Г. Биологические маркеры клеточного цикла Ki-67 и Vcl-2 при миоме, аденомиозе и лейомиосаркоме матки. Медицина в Кузбассе. 2019; 18(3): 20–4.
8. Aamir T. Khan, Manjeet Shehmar, Janesh K. Gupta. Uterine fibroids: current perspectives // International Journal of Women's Health, 2014; 6 95–114.
9. Yasushi Kotani, Takako Tobiume, Risa Fujishima, Mamoru Shigeta. Recurrence of uterine myoma after myomectomy: Open myomectomy versus laparoscopic myomectomy // J. Obstet. Gynaecol. Res. (February) 2018, vol. 44, no. 2: 298-302. doi: 10.1111/jog.13519.
10. Stewart EA, Cookson CL, Gandolfo RA, Schulze-Rath R. Epidemiology of uterine fibroids: a systematic review. BJOG 2017; 124:1501–1512. doi: 10.1111/1471-0528.14640.
11. Sparic R., Mirkovic L., Malvasi A., Tinelli A. Epidemiology of uterine myomas: a review // Int J Fertil Steril. 2016; 9(4): 424–435.
12. Кичигин О.А., Арестова И.М., Занько Ю.В. Факторы риска развития миомы матки и качество жизни пациенток, оперированных по поводу миомы матки // Охрана материнства и детства. — 2013. — №2(22). — С. 36–41.
13. Рылеева Ю.В. Миома матки и инфекция: есть ли связь? // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. — 2011. — Том 1. — №1. — С.19.
14. Arnaud Fauconnier, Charls Chapron, Katayoun Babaki-Fard, Jean-Bernard Dubuisson. Recurrence of leiomyomata after myomectomy // Human Reproduction Update. 2000. Vol. 6. №6. P. 595–602.
15. Фаткуллин И.Ф., Баканова А.Р. Применение антипрогестинов для профилактики рецидивов после консервативной миомэктомии // Журнал «Акушерство и гинекология». — 2011. — №1.
16. Jacques Donnez, Marie-Madeleine Dolmans. Uterine fibroid management: from the present to the future // Human Reproduction Update. 2016. — PP. 1-22. doi:10.1093/humupd/dmw023.

© Малай Дмитрий Александрович (malaydmitry@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ИНФЕКЦИИ МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ, КАК ПРИЧИНА ЗАБОЛЕВАНИЙ У БЕРЕМЕННЫХ

### URINARY TRACT INFECTIONS AS CAUSE OF DISEASES IN PREGNANT WOMEN

**M. Mari**  
**I. Mari**  
**R. Mirzoeva**  
**F. Siyukhova**

*Summary.* The study of urinary tract infections (UTIs) in pregnant women has been a pressing issue for many decades; furthermore, the incidence of pyelonephritis in pregnant women has increased three to four times over the past 10 years. The attitude towards urinary tract infections has always been rather serious due to the increased risk of various medical conditions across pregnancy and in childbirth, such as premature infants, fetal growth restriction, detection of congenital anomalies and increased perinatal mortality rate. Infections and inflammatory conditions in urological practice frequently proceed in the form of independent nosological entities (pyelonephritis, cystitis, urethritis), concomitant diseases, as well as complications after surgical treatments and instrumental procedures.

*Keywords:* pregnancy, urinary tract infections, embryonic development.

**И**нфекции мочевыводящих путей (ИМП) — это патология, которая часто возникает во время беременности и является серьезной клинической проблемой не только для акушеров и гинекологов, но и для терапевтов, урологов и неонатологов из-за риска серьезных осложнений беременности, родов и послеродового периода, а также из-за спектра антибактериальных препаратов, недоступных для матери и ребенка.

Было обнаружено, что примерно у каждого третьего пациента во время беременности наблюдается

**Мари Майя Хайсамовна**  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации»  
mari.maya634@gmail.com

**Мари Исса Хайсам**  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации»  
maryissa99@icloud.com

**Мирзоева Рухшона Кадыровна**  
Профессор, доктор биологических наук, Некоммерческое образовательное частное учреждение высшего образования «Кубанский медицинский институт»  
ruhshonamirzoeva@mail.ru

**Сиюхова Фатима Шумафовна**  
Доцент, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации»  
biolog-01@mail.ru

*Аннотация.* Изучение инфекций мочевыводящих путей (ИМП) у беременных актуально на протяжении многих десятилетий, и за последние 10 лет заболеваемость пиелонефритом у беременных женщин увеличилась в 3-4 раза. Отношение к инфекции мочевыводящих путей довольно серьезное из-за повышенного риска различных патологических состояний во время беременности и родов: недоношенных детей, задержки внутриутробного развития, выявления врожденных аномалий и повышенного риска перинатальной смертности. Инфекционно-воспалительные процессы в урологической практике с высокой частотой протекают в виде самостоятельных нозологических форм (пиелонефрит, цистит, уретрит), сопутствующих заболеваний, а также осложнений после хирургических и инструментальных вмешательств.

*Ключевые слова:* беременность, инфекция мочевыводящих путей, внутриутробное развитие.

инфекция мочевыводящих путей, и эта урологическая патология уступает по распространенности только железодефицитной анемии у беременных, тенденции к ее снижению нет [5].

Ряд авторов отмечают, что за последние 20 лет число беременных женщин с патологией мочевыводящих путей увеличилось в 4 раза. Согласно клиническим рекомендациям, ИМП наблюдается у 18 % беременных женщин, в том числе у 6 % — бессимптомная бактериурия, у 1–2 % — острый уретрит, у 1–2 % — острый цистит и у

2 % — острый пиелонефрит. Наиболее распространенным возбудителем неосложненных ИМП у беременных является *Escherichia coli* (65,8 %), второй по распространенности возбудитель — *Klebsiella pneumoniae* (10,5 %), далее следует *Proteus mirabilis* (6,6 %). Также выделены *E. cloacae* (4,6 %), *E. faecalis* (4,6 %) и другие возбудители [3].

Количество *E. Coli* среди других представителей кишечной флоры не превышает 1 %, но они играют важную роль в функционировании желудочно-кишечного тракта. Кишечная палочка является основным конкурентом условно-патогенной микрофлоры в плане заселения ими кишечника. *E. Coli* поглощает кислород с просвета кишечника, что вредно для бифидобактерий и лактобактерий человека. Бактерия вырабатывает ряд необходимых веществ для человека: витамины группы B, жирные кислоты (уксусная, муравьиная, ряд штаммов молочную, янтарную и другие), также участвует в обмене холестерина, билирубина, холина, желчных кислот, влияет на усвоение железа и кальция. Патогенная кишечная палочка, например, может проникать в организм из внешней среды вместе с пищей. Несоблюдение правил хранения пищевых продуктов, плохая очистка воды и несоблюдение правил гигиены являются наиболее частыми причинами заражения кишечной палочкой. Идеальной средой обитания и питательной средой для этого микроорганизма является молоко. Он также способен долгое время оставаться в почве, фекалиях и воде. При приготовлении пищи кишечная палочка быстро погибает. Ультрафиолетовое излучение и дезинфицирующие средства также оказывают разрушительное воздействие на этот микроорганизм [5].

Заражение кишечной палочкой (а также другими уропатогенными микробами в кишечнике) мочеполовых органов, особенно у женщин, часто происходит непосредственно из желудочно-кишечного тракта при несоблюдении правил гигиены.

Кишечная палочка является причиной:

1. около 80 % амбулаторных инфекций мочевыводящих путей
2. 64 % всех заболеваний, связанных с острым простатитом
3. 80 % всех случаев хронического простатита
4. у пациентов старше 35 лет — чаще всего эпидидимит (воспаление придатка яичка), орхит (воспаление яичка) и эпидидимоорхит (сочетанное воспаление яичка и придатка яичка).
5. от 70 до 95 % инфекций мочевыводящих путей, достигающих мочевого пузыря или почек восходящим путем [1].

Присутствие патогенной бактерии очень часто обнаруживается в моче женщины, в основном во время бере-

менности. Распространенной причиной врачи называют рост матки во втором и третьем триместрах. По мере увеличения в размерах он начинает оказывать давление на органы малого таза, что приводит к их смещению и ухудшению функциональности. Это провоцирует застой мочи — оптимальное условие для возникновения бактериурии. Было доказано, что когда бактерия попадает в мочевыводящие пути, она вызывает воспаление, которое прогрессирует и носит постоянный характер. Её присутствие в исследуемом образце мочи беременной женщины считается опасным признаком, требующим немедленного медицинского вмешательства [4].

Как и все инфекционные заболевания, кишечные расстройства развиваются неожиданно. Практически каждое из них начинается с повышения температуры тела и симптомов интоксикации: общей слабости; головной боли; отсутствия аппетита. Однако затем к ним присоединяются следующие проявления: рвота; боль или дискомфорт в животе; диарея; вздутие живота. Иногда заболевание протекает бессимптомно. В этом случае человек опасен для окружающих. Он не подозревает о наличии инфекции, но постоянно выделяет в окружающую среду болезнетворные микроорганизмы. Возбудителями кишечных инфекций могут быть как вирусы, так и паразиты с бактериями.

Причины этих заболеваний можно разделить на три основные группы.

1. Вызвано токсинами. Это может включать инфекции, которые развиваются при попадании в организм восковой бациллы, стафилококка или клостридии.
2. Вызывается бактериями или вирусами. Чаще всего причиной кишечной инфекции могут быть ротавирус, сальмонелла, патогенная кишечная палочка, холерный вибрион.
3. Вызванные простейшими. Из них можно выделить лямблии, амебы, а также кокцидии.

Это не все микроорганизмы, которые могут вызвать кишечную инфекцию. Однако, чаще всего причиной этого являются вышеуказанные агенты. При беременности кишечные инфекции опасны, поскольку сильно влияют на здоровье женщины. Важно помнить, что присутствие возбудителя в организме не всегда приводит к заболеванию [7].

*E. Coli* вызывает острую инфекцию мочевого пузыря у беременных. Для неё характерно частое и болезненное мочеиспускание, боль или дискомфорт во внешних половых органах и нижней части живота, иногда с симптомами интоксикации. Часто ухудшается сон, человек становится вялым, малоподвижным, ему приходится мочиться каждые 20–30 минут, его беспокоят резкие боли и выделение 1–2 капель крови в конце мочеиспускания.

Внешне моча может быть мутной и иметь неприятный запах из-за присутствия бактерий, слизи, отслоившегося эпителия, лейкоцитов, эритроцитов. Пальпация области мочевого пузыря резко болезненна [3].

Для диагностики кишечной палочки используют кровь, мочу, гнойные выделения, кал. После этого проводят бактериологическое исследование и высевают на питательные среды. В связи с антигенным сходством возбудителей эшерихиоза с бактериями, входящими в состав кишечного нормоценоза, серологическая диагностика недостаточно информативна. Для лабораторной диагностики инфекций, вызванных кишечной палочкой, можно использовать обнаружение бактериальных токсинов в стуле пациентов. При этом типе эшерихиоза в анализе крови могут быть обнаружены признаки гемолитической анемии, повышенная концентрация мочевины и креатинина. Анализ мочи обычно выявляет протеинурию, лейкоцитирию и гематурию [4].

Другим возбудителем инфекций мочевыводящих путей является *Klebsiella pneumoniae* — грамотрицательная бактерия, которая может проникать в нормальную микрофлору дыхательных путей, кишечника и кожи. Чаще всего она колонизирует легкие, но может вызывать поражения мочеполовой системы, желудочно-кишечного тракта, носоглотки и полости рта, носовой полости. Повышается температура, больной ощущает озноб, мышечную слабость, развивается одышка. Сухой кашель пациента впоследствии переходит во влажный с кровянистыми и гнойными включениями. Выделяемая мокрота имеет гнилостный запах. является *Klebsiella pneumoniae* в моче является показателем таких возможных заболеваний, как осложненная инфекция мочеполовых органов; повторное инфицирование мочевого пузыря у молодых женщин; острый неосложненный цистит или воспаление мочевого пузыря у молодых мужчин; острый пиелонефрит. По данным исследования «ДАРМИС», клебсиелла является возбудителем острого цистита в 10,5 % случаев [5].

Наиболее распространенные пути передачи клебсиеллы:

1. фекально-оральный — основными способами заражения являются пищевой (немытые овощи и фрукты, нестерилизованное молоко, и пр.) и контактно-бытовой (грязные руки);
2. воздушно-капельный;
3. через внутривенные катетеры, используемые для введения препаратов и жидкостей;
4. инфицирование плода от матери возможно через кровь, плаценту или восходящим путем: гениталии — влагалище — цервикальный канал — околоплодная оболочка — плод;

5. контактное инфицирование ребенка может произойти во время родов при прохождении через родовые пути [1].

При беременности и родах у пациенток с ИМП, как правило, имеются такие осложнения, как преэклампсия (в 35–42 % случаев), анемия (у 23–66 % пациенток с острым пиелонефритом), преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты (в 5 % случаев), преждевременные роды (в 15–20 % случаев), субинволюция матки в послеродовом периоде (в 13 % случаев), эндометрит (в 8 % случаев). Безусловно, при данной урологической патологии существует риск рождения недоношенных детей, детей с задержкой внутриутробного развития, признаками внутриутробной инфекции [3, 7]. Риск преждевременных родов возрастает в 1,5–2 раза, если у пациентки имеется нелеченная бессимптомная бактериурия, поэтому были сделаны выводы, что своевременная антибактериальная терапия бактериурии беременных снижает вероятность их возникновения на 10 % [3]. S. McDermott et al. провели исследования, демонстрирующие значимую связь между перенесенной во время беременности ИМП без адекватной антибактериальной терапии и рождения детей с задержкой развития и умственной отсталостью [6].

Некоторые из наиболее распространенных заболеваний, которые могут возникнуть во время беременности, включают гестационный диабет, преэклампсию, заболевания щитовидной железы и преждевременные роды. Если эти заболевания выявлены на ранних стадиях, то можно принять меры для их управления, что уменьшит риск осложнений и повысит шансы на успешную беременность и рождение здорового младенца.

Таким образом, регулярные посещения врача во время беременности очень важны для обеспечения здоровья как матери, так и ребенка. В этот период женщины подвергаются значительным изменениям в своем теле, которые могут оказывать негативное воздействие на их здоровье. Регулярные проверки могут помочь врачу обнаружить возможные проблемы со здоровьем ребенка, такие как задержка роста или развития, уже на ранних стадиях и принять меры для предотвращения этих проблем. Обследования помогают врачам эффективно назначать лечение, которое может быть необходимым для заботы о матери и ребенке. Это может быть назначение витаминов, питания или лекарств для разных видов осложнений. Поэтому регулярные посещения у врача могут помочь обеспечить безопасную и комфортную беременность и отличное здоровье для матери и ребенка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плеханов А.Н., Дамбаев А.Б. Инфекция мочеполовых путей: этиология, патогенез, факторы риска, диагностика. 2016 г.
2. Аляев Ю.Г., Глыбочко П.В., Пушкарь Д.Ю. Урология. Российские клинические рекомендации. М., 2015. — с. 480.
3. Палагин И.С., Сухорукова М.В., Дехнич А.В., Эйдельштейн М.В., Шевелев А.Н., Гринев А.В., Перепанова Т.С., Козлов Р.С., исследовательская группа «ДАРМИС». Современное состояние антибиотикорезистентности возбудителей внебольничных инфекций мочевых путей в России: результаты исследования «ДАРМИС» (2010–2011). Клин. микробиол. и антимикроб. химиотерапия. 2012; 14 (4): 280–302.
4. Колонтарёв К.Б. Обзор клинических рекомендаций по лечению острой неосложненной инфекции нижних мочевых путей. — 2015. №3. — с. 6–14.
5. Капительный В.А. Инфекция мочевыводящих путей во время беременности. Архив акушерства и гинекологии им В.Ф. Снегирева. 2015; 2 (4): 10–19.
6. Ветчинникова О.Н., Никольская И.Г., Бычкова Н.В. Инфекция мочевыводящих путей при беременности. М., — 2020. — с. 51.
7. Филипов А.В., Чугунова О.Л., Мелёхина Е.В., Сагалович М.Б. // Современные аспекты местной терапии хронического цистита у детей // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2018. №3. — с. 77–82.

© Мари Майя Хайсамовна (mari.maya634@gmail.com); Мари Исса Хайсам (maryissa99@icloud.com);  
Мирзоева Рухшона Кадыровна (ruhshonamirzoeva@mail.ru); Сиюхова Фатима Шумафовна (biolog-01@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СПОСОБЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЖНОГО ПОКРОВА У ОБОЖЖЕННЫХ

## METHODS OF BIOTECHNOLOGICAL RESTORATION OF THE SKIN IN THE BURNED

**V. Maslyakov  
M. Polidanov  
S. Sidelnikov  
D. Rastyagaeva**

*Summary.* Currently, there is a branch of burn medicine — combustiology, the field of study of which includes burn lesions, their consequences, as well as associated complications and methods of treating burns. This article discusses key aspects of burn treatment in the context of this branch of medicine. Various methods of biotechnological restoration of the skin of victims are described. The main methods of reconstruction of burn wounds, their focus are highlighted, and the latest innovations and their effectiveness in the treatment of burns are presented. According to recent studies, promising methods include the use of various cell cultures (stem cells, including those of mesenchymal origin), hydrogels, nanotechnological dressings, as well as transplants of plant and animal origin, since these methods prove effective in accelerating the regeneration of burn wounds, improving aesthetic and functional results.

*Keywords:* treatment of burn wounds, tissue regeneration, cell cultures, nanoparticles, hydrogels, nanotechnological dressings, transplants.

**Масляков Владимир Владимирович**

д.м.н., профессор, профессор,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России

**Полиданов Максим Андреевич**

Лаборант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный  
медицинский университет им. В.И. Разумовского»

Минздрава России

[maksim.polidanoff@yandex.ru](mailto:maksim.polidanoff@yandex.ru)

**Сидельников Сергей Алексеевич**

д.м.н., доцент, заведующий кафедрой мобилизационной  
подготовки здравоохранения и медицины катастроф,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России,  
Саратов, Россия

**Растягаева Дарина Александровна**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России,  
Саратов, Россия

*Аннотация.* В настоящее время существует раздел ожоговой медицины — комбустиология, в область изучения которого входят ожоговые поражения, их последствия, а также связанные с ними осложнения и методы лечения ожогов. В данной статье рассмотрены ключевые аспекты лечения ожогов в контексте данной отрасли медицины. Описаны различные способы биотехнологического восстановления кожных покровов у пострадавших. Выделены основные методы реконструкции ожоговых ран, их направленность, и представлены последние нововведения и их эффективность в лечении ожогов. Согласно последним исследованиям, перспективными являются методы, включающие в себя использование различных клеточных культур (стволовых клеток, в том числе мезенхимального происхождения) гидрогелей, нанотехнологических повязок, а также трансплантатов растительного и животного происхождения, так как данные способы доказывают эффективность в ускорении регенерации ожоговых ран, улучшении эстетических и функциональных результатов.

*Ключевые слова:* лечение ожоговых ран, регенерация тканей, клеточные культуры, наночастицы, гидрогели, нанотехнологические повязки, трансплантаты.

## Введение

Ожоги представляют собой глобальную проблему в области здравоохранения. По данным ВОЗ в мире ежегодно происходит 180000 случаев смерти от ожоговых травм. Несмотря на успехи, достигнутые в области лечения пациентов с данной патологией, и снижение числа пострадавших от бытовых и производственных ожоговых травм, количество больных с осложнениями, ассоциированными с обширными ожогами, становится больше. Пациенты с глубокими ожоговыми

ранами могут страдать от долговременной инвалидности, начиная от потери кожной чувствительности и заканчивая длительными хроническими болями пораженных участков тела, что влияет на качество жизни данных больных. К числу проблем также относится длительная госпитализация, обезображивание рубцовой контрактурой, которое наряду с инвалидностью часто сопровождается стигматизацией и неприятием со стороны общества. Изложенное определяет актуальность исследования вопроса, касающегося рассмотрения способов биотехнологического восстановления кожного покрова у обожжённых.

Целью данного обзора является анализ данных публикаций о доклинических и клинических исследованиях с использованием различных систем биотехнологического восстановления кожного покрова у обожженных.

### Результаты исследования

Ожоги — повреждение тканей организма, возникающее в результате местного действия высокой температуры, химических веществ, электрического тока или ионизирующего излучения [1]. Наиболее часто наблюдают термические поражения кожи. Данный вид ран является наиболее обширной формой повреждения мягких тканей. В настоящее время существует раздел ожоговой медицины — комбустиология, в область изучения которого входят ожоговые поражения, их последствия, а также связанные с ними осложнения и методы лечения ожогов [2]. Осложнения являются основной причиной смерти после получения ожоговой раны. К их числу относится гиповолемический шок, возникающий из-за снижения уровня объема циркулирующей крови вследствие изменения сосудистой проницаемости и усиленного испарения жидкости в зоне обширной площади поражения и являющийся причиной таких патологических состояний, как острая сердечная недостаточность и острая анемия [3]. Другими небактериальными осложнениями являются гемолитическая желтуха, почечная недостаточность, тяжелые метаболические сдвиги, влекущие за собой развитие язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, тромбоз глубоких вен конечностей и системы легочных артерий [4]. Ожог слизистых оболочек дыхательных путей при пожаре вследствие действия раздражающих паров несет в себе особую опасность, возникают риски развития отека и некроза эпителиального покрова бронхов [5]. Кроме того, открытая раневая поверхность служит благоприятной средой для адгезии и колонизации бактериальной флоры, способствуя развитию инфекции, которая может быть как эндогенной, так и экзогенной природы [6]. При возникновении инфекционного процесса в зоне поражения удлиняются сроки госпитализации, так как образующиеся биопленки инициируют стойкую воспалительную реакцию, нарушающую процессы эпителизации и образования грануляционной ткани, и скорость регенераторных процессов, что усугубляет общее состояние больного [3].

Исходя из вышеперечисленного в настоящее время разработкой области лечения и реконструкции ожоговых ран направлены на усовершенствование аутологичных кожных трансплантатов, создание запасов иммунологически толерантных искусственных тканей, увеличение скорости восстановления барьерной функции кожи и обеспечение лучшего эстетического результата.

Кожа, являясь самым большим по площади органом человеческого тела, имеет сложную структуру и функ-

ции, что создает ряд трудностей для процесса регенерации и реконвалесценции после ожогов [7]. Кожный покров состоит из трех отдельных слоев: эпидермиса, дермы и гиподермы. Эпидермальные придатки состоят из волосяных фолликулов, сальных желез, апокринных желез и эккринных желез. При ожоговых ранах нанесенное повреждение приводит к отмиранию клеток кожи и делает участок уязвимым для инфекции [6]. Эффективные методы лечения ожоговых травм должны сначала преодолеть огромный барьер васкуляризации, поскольку неспособность обеспечить адекватное кровоснабжение кожи может привести к некрозу, инфекции, шелушению или сепсису. Эпидермальные придатки, потерянные в месте повреждения, обычно не восстанавливаются, оставляя после себя тканевые рубцы из плохо обновляемого коллагенового матрикса [7].

Текущая клиническая практика реконструкции ожоговых ран включает пересадку кожных трансплантатов, использование заменителей кожи и терапию ран отрицательным давлением (NPWT — negative pressure wound therapy). В свою очередь стандартное лечение ожоговых ран состоит из раннего иссечения некротической ткани с последующей процедурой аутологичной трансплантации кожи.

Терапия стволовыми клетками считается перспективным методом лечения открытых ран. В своем исследовании Чэнлян Д. и соавторы доказали, что гель внеклеточного матрикса/стромально-сосудистой фракции, цитотерапия на основе стволовых клеток жировой ткани, демонстрируют потенциал заживления экспериментальных ран *in vivo*. Гистологический анализ с гематоксилином и эозином, окрашивание трихромом по Массону и иммуногистохимия CD31 показали меньшую инфильтрацию лимфоцитов, большее накопление коллагена и больше новообразованных сосудов в коже, обработанной гелем [8].

В настоящее время изучаются многие стратегии точной регенеративной медицины в отношении ткане-инженерных конструкций. Так, в своем исследовании Лени Дж. ван ден Брук и соавторы доказали, что дермальные фибробласты и мезенхимальные стволовые клетки энергично реагируют на медиаторы присутствующие в раневом ложе, что приводит к усилению секреции факторов образования ангиогенеза и грануляционной ткани. Данные результаты имеют значение для выбора типа клеток, который будет использоваться в стратегиях регенеративной медицины, и указывают на важность учета взаимодействия с раневым ложем при разработке передовых методов лечения труднозаживляемых кожных ран [9].

Существуют данные исследований оценки *in vivo* эффектов применения гидрогелей в качестве метода

переноса стволовых клеток жирового происхождения (ASC) в поврежденные ткани и их защиты от дальнейших осложнений. В одном из таких исследований использовали гидрогель алоэ вера, наполненный аллогенными ASC, на модели ожоговой раны у крыс. ASC-клетки выделяли, культивировали, смешивали с 50 % гидрогелем алоэ вера и вводили внутривожно вокруг раны. Результаты показали, что уровни трансформирующего фактора роста- $\beta 1$  и интерлейкина- $1\beta$  заметно снизились на 7-й день после травмы, что говорит об ослаблении воспалительной реакции, а процессы ангиогенез, реэпителизация стали значительно выше на 14-й день после травмы [10].

Более того, исследования с использованием гидрогеля гиалуроновой кислоты *in vivo* на модели ожоговой раны крыс, наполненной жировыми стволовыми клетками, показало, что заживление ран улучшается путем увеличения экспрессии основного фактора роста фибробластов и снижение уровня провоспалительных медиаторов на 28-й день после ранения, а также указало на противорубцовую активность [11].

Полимерные наночастицы — это биосовместимые коллоидные системы, привлекающие все большее внимание как в области биомедицины, так и в области биоинженерии. При встраивании или конъюгации с ними, препараты защищены от деградации протеазами, присутствующими в ране, и высвобождаются контролируемым образом, чтобы уменьшить частоту введения. В настоящее время большинство полимерных наночастиц получают полилакто-ко-гликолевой кислотой, альгинат, желатин и хитозан [12].

Чередди и соавторы показали, что наночастица получают полилакто-ко-гликолевой кислоты, нагруженная антимикробным пептидом LL37, может быть биоразлагаемой системой доставки лекарств, которая ускоряет процесс заживления. Была продемонстрирована антимикробная активность на *Escherichia coli* и индуцирование миграции клеток без влияния на пролиферацию кератиноцитов. Так же наблюдалось расширенное образование грануляционных тканей, характеризующееся значительно более высоким отложением коллагена, реэпителиализованным составом и неоваскуляризацией. Кроме того, происходила стимуляция ангиогенеза и модуляция воспалительной реакции раны путем повышения регуляции интерлейкина-6 и фактора роста эндотелия сосудов [13].

С использованием техники послойной сборки были созданы раневые повязки, состоящие из нетканого хлопкового полотна и многослойного гиалуронана и хитозана, что может применяться для ускорения лечения ожоговых ран. Фахми и его коллеги опубликовали исследование, в котором они разработали раневую повязку

из нетканого материала хитозан-гиалуроновая кислота, в которую были включены наночастицы серебра, и направлены на устранение ограничений традиционных раневых повязок, которые часто требуют частых изменений и могут привести к инфекции и задержке заживления. Исследователи предположили, что включение наночастиц серебра в повязку на рану из хитозана-ГК может обеспечить антибактериальную активность, улучшить заживление ран и уменьшить необходимость частой смены повязок [14].

В ином исследовании изготовления нанотехнологических повязок Адели-Сарду и соавторы рассмотрели, как включение 1 % лосоля (2-гидрокси-1,4-нафтохинон) в сердцевину электроформованных нановолокон PCL/Gel может использоваться в качестве пластыря для повязки на ожоговые раны. Результаты показали, что *in vitro* экспрессия генов TGF- $\beta 1$ , коллагена и EGF была впечатляюще повышена в клетках, обработанных нановолокнами. Кроме того, 1 % лавсон PCL/Gel оказал наилучшее влияние на заживление ран *in vivo*, особенно на ускорение реэпителизации. Нановолокна изготавливаются из природных и синтетических непрерывных полимерных цепей, которые впоследствии могут выступать в роли нановолокнистых листов или 3D-каркасов, применяемых в тканевой инженерии. Так, Рамасатьявени и соавторы прикрепили стволовые клетки костного мозга мыши к пористому каркасу из полиэтиленгликоля и полиуретана, чтобы лучше реализовать потенциал дифференцировки и способность стволовых клеток к заживлению ран. Результаты наблюдений *in vivo* показали значительное увеличение пролиферации фибробластов, отложения коллагена и активности антиоксидантных ферментов с очевидным снижением экспрессии провоспалительных цитокинов и сопутствующим увеличением противовоспалительных цитокинов на ранней стадии заживления. Кроме того, были обнаружены усиленное приживление и васкуляризация, что свидетельствует об ускоренном закрытии раневой поверхности ожоговой раны [15].

Так же, согласно иным исследованиям, для лучшего восстановления кожи был разработан нановолоконный каркас, содержащий гидрозоль нано-TiO<sub>2</sub>. Результаты физико-химических свойств показали хорошую проницаемость и стабильность, которые обеспечивают влажную среду для заживления ран и отвечают требованиям защиты раневого покрытия. Благодаря внедрению нано-TiO<sub>2</sub> каркас сильно ингибировал рост бактериальной флоры *Staphylococcus aureus* и вызывал агрегацию эритроцитов, чтобы остановить кровотечение [16].

Имеются данные о разработке инъекционного геля внеклеточного матрикса/стромально-сосудистой фракции, полученного из жировой ткани, для терапии стволовыми клетками. Целью исследования было оценить

терапевтическое воздействие *in vivo* геля на заживление ран. Было показано, что мощные ангиогенные эффекты, оказываемые гелем, могут способствовать улучшению заживления ожоговых ран, и эти эффекты могут быть связаны с усиленной воспалительной реакцией в геле на ранней стадии заживления ран [17].

Пациенты с большой площадью поражения от создают потребность в использовании трансплантатов в качестве метода лечения, способных обеспечить раннее и полное заживление раны, а также сохранить нормальную функцию кожи. В своем доклиническом исследовании Р. Стоун и соавторы использовали ксенотрансплантаты на двадцати четырех глубоких ожоговых ранах размером 5×5. Раны иссекали через день после ожога, а кровоточащие раны впоследствии обрабатывали богатым омега-3 бесклеточным трансплантатом рыбьей кожи или фетальной бычьей дермой. Лечение привело к более быстрой реэпителизации и уменьшению размера раны на 14-й день, и показало, что трансплантат рыбьей кожи приводит к более быстрому закрытию раны без применения кожного трансплантата [18].

Важно отметить, что при создании и дальнейшем использовании материалов клеточного и тканевого происхождения, используемых для лечения ран, не происходило индуцирования иммунного ответа на трансплантаты. В своем исследовании Б. Туми Балдурсон и соавторы провели иммуноферментные тесты *in vivo* для сравнения эффекта развития иммунных реакций на трансплантат внеклеточного матрикса из рыбьей кожи. Результаты тестов не показали никакой реактивности, что демонстрирует заявление о безопасности и эффективности трансплантата из рыбьей кожи для ухода за ранами. Кроме того, раны, обработанные бесклеточным матриксом рыбьей кожи, заживали значительно быстрее. Это преимущество данного ксенотрансплантата из-за ее экологической нейтральности по сравнению с другими материалами животного происхождения [19].

Коллаген играет важную роль в формировании внеклеточного матрикса и миграции клеток [20]. Существуют исследования получения комплексного коллагенового гидрогеля из кожи тилапии и оценке потенциала данного материала в качестве повязки для лечения рефрактерных ран. Баошэн Гэ и соавторы экстрагировали кислоторастворимый коллаген и пепсинорастворимый коллаген и изучили их активность с использованием электрофореза в полиакриламидном геле с додецилсульфатом натрия, дифференциальной сканирующей калориметрии. Анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа показал, что гидрогели могут образовывать прочную сетчатую структуру. Эксперименты по цитотоксичности подтвердили, что гидрогели не проявляют значительной токсичности по отношению к фибробластам, а повязка на глубокие ожоговые раны

может значительно ускорить их заживление, а также образование новых придатков кожи [21].

Недавние достижения в разработке применимых ксенотрансплантатов в качестве альтернативы расщепленным кожным трансплантатам позволили создать бесклеточную рыбью кожу. Бесклеточная рыбья кожа (обработанная кожа тилапии) действует как заменитель кожи, уменьшая воспалительные реакции и высвобождая провоспалительные цитокины, которые способствуют заживлению ран. Благодаря этим полезным ранозаживляющим свойствам бесклеточная рыбья кожа может представлять собой эффективный метод лечения ожоговых ран [22]. Существующие данные об использовании бесклеточной рыбьей кожи указывают на ускорение заживления ран, уменьшение боли и необходимость смены повязок, а также на затраты, связанные с лечением, и улучшение эстетических и функциональных результатов по сравнению с традиционными вариантами лечения.

В своем исследовании Эдмар Масиэль Лима Джуниор и соавторы сравнивали кожу нильской рыбы тилапии с кремом с сульфадиазином серебра для амбулаторного лечения поверхностных неполных ожогов. Рыбья кожа уменьшила время реэпителизации (среднее сокращение 1,4 дня) и смены повязок (среднее сокращение, 3,7 перевязки) и уменьшала боль. В отличие от крема с сульфадиазином серебра, кожа рыб хорошо прилегает к ложу раны, что может предотвратить инфицирование и уменьшить необходимость смены повязок [23]. Таким образом, доказано, что это может быть недорогой альтернативой ускорению заживления и облегчению боли у ожоговых пациентов.

Одним из материалов для биотехнологического восстановления кожных покровов после получения ожогов стали трансплантаты растительного происхождения [24]. Сине-зеленая микроводоросль *Spirulina Platensis* привлекает все больше внимания в реконструктивной хирургии благодаря своим антиоксидантным и противовоспалительным свойствам для косметических применений. В своем эксперименте *in vivo* З.И. Эльбиалы и соавторы показали, что сине-зеленая микроводоросль усиливает ангиогенных и снижение фиброзных генов [25]. В результатах было показано, что *Spirulina Platensis* может быть использована в биомедицинских целях для лечения различных кожных ран и может раскрыть потенциальную молекулярную основу для будущих многообещающих антифибротических средств против образования рубцов [26].

Существуют исследования, доказывающие, что материалы растительного происхождения действуют через несколько механизмов и участвуют в различных стадиях заживления ран [27]. Доказано, что растительные ле-

карственные средства повышают экспрессию фактора роста эндотелия сосудов и трансформирующего фактора роста- $\beta$ , которые играют важную роль в стимуляции реэпителизации, ангиогенеза, образования грануляционной ткани и образования коллагеновых волокон [28]. Некоторые другие повязки для ран, содержащие средства растительного происхождения, действуют как ингибиторы экспрессии белков фактора некроза опухоли- $\alpha$ , интерлейкина-1 и индуцируемой синтазы оксида азота, тем самым индуцируя антиоксидантные и противовоспалительные свойства различных тканей [28].

Существует исследование, направленное на изучение влияния различных экстрактов, полученных из тимьяна (*Thymus Sipyuleus Jalas*), на регенераторные процессы во время заживления ран на клеточной основе. Экстракты отвара и настоя в эксперименте *in vivo* О. Устюнера и соавторов продемонстрировали полную защиту от повреждений, вызванных перекисью водорода, за счет увеличения жизнеспособности. Ни один из экстрактов не проявлял цитотоксической активности, а большинство экстрактов тимьяна стимулировали пролиферацию и миграцию фибробластов и оказывали противовоспалительное действие, подавляя образование фактора некроза опухоли-альфа и оксида азота [29].

## Заключение

Лечение ожоговых ран остается сложной задачей. Тем не менее, постепенное расширение биотехнологических разработок в последние годы принесло новое понимание регенерации кожи ран. Так, наночастицы пролонгируют действие лекарственных препаратов, защищают препарат от деградации и улучшают регенерацию кожи, реализуют увеличение терапевтической силы биологических и синтетических молекул (например, снижение или искоренение бактериальной нагрузки раны и улучшение повторной эпителизации).

Кроме того, различные комбинации материалов служат синергическими платформами для регенерации тканей, некоторые из которых даже имитируют и предлагают идеальную физиологическую среду для процесса заживления. Перспективными являются методы, включающие в себя использование различных клеточных культур (стволовых клеток, в том числе мезенхимального происхождения) гидрогелей, нанотехнологичных повязок, а также трансплантатов растительного и животного происхождения, так как данные способы доказывают эффективность в ускорении регенерации ожоговых ран, улучшении эстетических и функциональных результатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Общая хирургия: учебник / С.В. Петров. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 832 с.: ил.
2. Большая медицинская энциклопедия / Елисеев А.Г., Шилов В.Н., Гитун Т.В., Гладенин В.Ф., Еремеева В.А., Заикина И.В., Клипина Т.Ю., Лазарева Г.Ю., Моисеев Н.И., Подколзина В.А., Полушкина Н.Н., Ржевская Ж.А., Романова Е.А., Сластухина О.Н. — Саратов: Научная книга, 2019. — 849 с.
3. Schremel S, Szeimies RM, Prantl L, Landthaler M, Babilas P. Wound healing in the 21st century. *J Am Acad Dermatol.* 2010;63:866–81.
4. Клеточные технологии в лечении термической травмы / Т.Г. Григорьева, Ю.И. Микулинский. Е.А. Щегель и др. // Актуальные проблемы термической травмы: Материалы международной конференции, посвященной 60-летию ожогового центра НИИ скорой медицинской помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, 20–22 июня 2006 г. — СПб., 2006. — С. 167–168.
5. Mofazzal Jahromi MA, Sahandi Zangabad P, Moosavi Basri SM, Sahandi Zangabad K, Ghamarypour A, Aref AR, Karimi M, Hamblin MR. Nanomedicine and advanced technologies for burns: preventing infection and facilitating wound healing. *Adv Drug Deliv Rev.* 2018;123:33–64.
6. Алексеев А.А. Ожоговый сепсис: диагностика, профилактика, лечение: автореф. ... Д-ра мед. наук / А.А. Алексеев. — М., 1993
7. Калантаевская К.А. Морфология и физиология кожи человека. — Киев: Здоров'я, 1972. — 267 с.
8. Deng C, Wang L, Feng J, Lu F. Treatment of human chronic wounds with autologous extracellular matrix/stromal vascular fraction gel: A STROBE-compliant study. *Medicine (Baltimore).* 2018; 97 (32):e11667
9. Cherreddy KK, Her CH, Comune M, Moia C, Lopes A, Porporato PE, Vanacker J, Lam MC, Steintraesser L, Sonveaux P. PLGA nanoparticles loaded with host defense peptide LL37 promote wound healing. *J Control Release.* 2014;194:138–47.
10. Hyaluronic acid hydrogel loaded by adipose stem cells enhances wound healing by modulating IL-1 $\beta$ , TGF- $\beta$ 1, and bFGF in burn wound model in rat. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2020;108(2):555–567
11. Oryan A, Alemzadeh E, Mohammadi AA, Moshiri A. Healing potential of injectable Aloe vera hydrogel loaded by adipose-derived stem cell in skin tissue-engineering in a rat burn wound model. *Cell Tissue Res.* 2019;377(2):215–227
12. Cherreddy KK, Her CH, Comune M, Moia C, Lopes A, Porporato PE, Vanacker J, Lam MC, Steintraesser L, Sonveaux P. PLGA nanoparticles loaded with host defense peptide LL37 promote wound healing. *J Control Release.* 2014;194:138–47
13. Cherreddy KK, Her CH, Comune M, Moia C, Lopes A, Porporato PE, Vanacker J, Lam MC, Steintraesser L, Sonveaux P. PLGA nanoparticles loaded with host defense peptide LL37 promote wound healing. *J Control Release.* 2014;194:138–47.
14. Фахми Х.М., Али А.А., Абу-Океил А. Нетканая повязка на раны, содержащая послойно нанесенные гиалуроновую кислоту и хитозан. *Межд. Ж. Биол. Макромол.* 2018 год; 114 :929–934.
15. Adeli-Sardou M, Yaghoobi MM, Torkzadeh-Mahani M, Dodel M. Controlled release of lawsone from polycaprolactone/gelatin electrospun nano fibers for skin tissue regeneration. *Int J Biol Macromol.* 2019;124:478–91

16. Fan X, Chen K, He X, Na L, Huang J, Tang K, Li Y, Fang W. Nano-TiO<sub>2</sub>/collagen-chitosan porous scaffold for wound repairing. *Int J Biol Macromol*. 2016;91:15–22.
17. Sun M, He Y, Zhou T, Zhang P, Gao J, Lu F. Adipose Extracellular Matrix/Stromal Vascular Fraction Gel Secretes Angiogenic Factors and Enhances Skin Wound Healing in a Murine Model. *Biomed Res Int*. 2017;2017:3105780.
18. Stone R 2nd, Saathoff EC, Larson DA, Wall JT, Wienandt NA, Magnusson S, Kjartansson H, Natesan S, Christy RJ. Accelerated Wound Closure of Deep Partial Thickness Burns with Acellular Fish Skin Graft. *Int J Mol Sci*. 2021; 22(4):1590.
19. Baldursson BT, Kjartansson H, Konráðsdóttir F, Gudnason P, Sigurjonsson GF, Lund SH. Healing rate and autoimmune safety of full-thickness wounds treated with fish skin acellular dermal matrix versus porcine small-intestine submucosa: a noninferiority study. *Int J Low Extrem Wounds*. 2015; 14(1):37–43.
20. Алипов В.В., Тахмезов А.Э., Полиданов М.А., Мусаелян А.Г., Кондрашкин И.Е., Волков К.А., Алипов А.И. Улучшение результатов лечения и диагностики послеоперационных осложнений в абдоминальной хирургии с применением многофункционального устройства. *Медицинская наука и образование Урала*. 2023; 24 (1,113): 67–71.
21. Ge B, Wang H, Li J, Liu H, Yin Y, Zhang N, Qin S. Comprehensive Assessment of Nile Tilapia Skin (*Oreochromis niloticus*) Collagen Hydrogels for Wound Dressings. *Mar Drugs*. 2020; 18(4):178.
22. Luze H, Nischwitz SP, Smolle C, Zrim R, Kamolz LP. The Use of Acellular Fish Skin Grafts in Burn Wound Management—A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2022; 58(7):912.
23. Lima Júnior EM, de Moraes Filho MO, Costa BA, Fachine FV, Vale ML, Diógenes AKL, Neves KRT, Uchôa AMDN, Soares MFADN, de Moraes MEA. Nile Tilapia Fish Skin-Based Wound Dressing Improves Pain and Treatment-Related Costs of Superficial Partial-Thickness Burns: A Phase III Randomized Controlled Trial. *Plast Reconstr Surg*. 2021; 147(5):1189–1198.
24. Полиданов М.А., Тимофеева А.О., Кондрашкин И.Е., Волков К.А., Карсаков В.А., Алипов В.В., Рытик А.П., Мусаелян А.Г. Влияние электромагнитного излучения на эпителизацию кожной раны в эксперименте. *Week of Russian science (WeRuS-2023): Материалы XII Всероссийской недели науки с международным участием, посвященной Году педагога и наставника. — Саратов*. 2023; 1038–1039.
25. Yazarli O, Iranshahi M, Kashani HRK, Reshadat S, Habtemariam S, Iranshahi M, Hasanpour M. Perspective on the application of medicinal plants and natural products in wound healing: A mechanistic review. *Pharmacol Res*. 2021; 174:105841.
26. Elbialy ZI, Assar DH, Abdelnaby A, Asa SA, Abdelhieee EY, Ibrahim SS, Abdel-Daim MM, Almeer R, Atiba A. Healing potential of *Spirulina platensis* for skin wounds by modulating bFGF, VEGF, TGF- $\beta$ 1 and  $\alpha$ -SMA genes expression targeting angiogenesis and scar tissue formation in the rat model. *Biomed Pharmacother*. 2021; 137:111349.
27. Масляков В.В., Сидельников С.А., Барачевский Ю.Е., Куркин К.Г., Пименова А.А., Полиданов М.А., Поликарпов Д.А., Барулина М.А. Массовое одновременное поступление пострадавших в чрезвычайных ситуациях в лечебные медицинские организации: организационные проблемы и возможные пути их решения. *Медицина катастроф*. 2023; 2: 51–55.
28. Yang F, Ferrara N. Genetic engineering of human stem cells for enhanced angiogenesis using biodegradable polymeric nanoparticles. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2010; 107:3317–22.
29. Ustuner O, Anlas C, Bakirel T, Ustun-Alkan F, Diren Sigirci B, Ak S, Akpulat HA, Donmez C, Koca-Caliskan U. In Vitro Evaluation of Antioxidant, Anti-Inflammatory, Antimicrobial and Wound Healing Potential of *Thymus Sipyleus* Boiss. *Subsp. Rosulans (Borbas) Jalas. Molecules*. 2019; 24(18):3353.

© Масляков Владимир Владимирович; Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru);  
Сидельников Сергей Алексеевич; Растягаева Дарина Александровна  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОГРАММИРОВАННОЙ РЕЛАПАРОТОМИИ В АБДОМИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF PROGRAMMED RELAPAROTOMY IN ABDOMINAL SURGERY

**A. Ostaev**  
**A. Barkhudarov**  
**A. Klimov**  
**I. Badretdinov**

*Summary.* Open abdominal therapy is widely used to treat severe abdominal conditions such as peritonitis and compartment syndrome but may be associated with high morbidity and mortality.

The review article attempts to consider the current state of scientific data on the treatment of intra-abdominal infection in the form of programmed relaparotomy. The existing problems and prospects of programmed relaparotomy in abdominal surgery are noted in the context of modern development and scientific achievements in the field of surgical care for systemic inflammation and organic disorders in patients with abdominal infection.

*Keywords:* relaparotomy, «repeated laparotomy», abdominal surgery.

С начала XX века малоинвазивная техника приобрела большое значение в абдоминальной хирургии, однако, лапаротомный доступ по-прежнему остается стандартным видом вмешательства для многих операций. В связи с увеличившейся продолжительностью жизни, достижениями в области диагностики заболеваний и совершенствования хирургических технологий все большее число пациентов переносят хирургическое лечение органов брюшной полости, зачастую несколько раз. Сложное плановое абдоминальное хирургическое вмешательство, несмотря на улучшение предоперационной подготовки больных, сопровождается большим риском интраоперационных осложнений, требующих повторных хирургических операций. Сегодня от 40 % до 66 % плановых операций в общей хирургии являются повторными. На основании данных анализа литературы установлено, что практически каждому третьему пациенту, перенесшему плановое абдоминальное вмешательство, требуется повторная операция, в том числе релапаротомия [3]. Лечение таких пациентов ассоциировано с удлинением сроков пребывания в стационаре, повышением рисков неблагоприятного исхода (в т.ч. летального), а также повышением затрат здравоохранения на ведение и лечение.

**Остаев Анатолий Олегович**

Ассистент,  
Российский университет дружбы народов, (Москва)  
ostaev\_ao@pfur.ru

**Бархударов Александр Алексеевич**

Кандидат медицинских наук, доцент, доцент,  
Российский университет дружбы народов, (Москва)

**Климов Алексей Евгеньевич**

Доктор медицинских наук, профессор,  
Российский университет дружбы народов, (Москва)

**Бадретдинов Ирек Аксанович**

Ассистент, Российский университет дружбы народов,  
(Москва)

*Аннотация.* Открытые абдоминальные операции — основной метод лечения тяжелых таких состояний, как перитонит и компартмент-синдром, при которых отмечается высокая смертность.

В обзорной статье рассмотрены и проанализированы актуальные научные данные об одном из методов лечения внутрибрюшной инфекции — программированной релапаротомии. Отмечены существующие проблемы и перспективы прогнозирования целесообразности и проведения программированной релапаротомии в абдоминальной хирургии с учетом научных достижений в области хирургической помощи при системном воспалении и органических нарушениях у пациентов с абдоминальной инфекцией.

*Ключевые слова:* релапаротомия, «повторная лапаротомия», абдоминальная хирургия.

Релапаротомия (реоперативная абдоминальная хирургия) представляет собой незапланированное повторное вмешательство, проводимое в течение ближайшего послеоперационного периода после первичной лапаротомии и причинно связанное с первой операцией, с целью разрешения осложнений первоначального заболевания или хирургического вмешательства [2]. На практике лапаротомия и релапаротомия выполняются, за редкими исключениями, во время одной и той же госпитализации. Релапаротомия проводится по широкому спектру показаний. Самая высокая частота повторных вмешательств наблюдается в хирургии желудочно-кишечного тракта.

Основными показаниями к релапаротомии являются:

A. Кровотечение

B. Кишечная непроходимость

C. Перитонит

— Несостоятельность анастомозов.

— Внутрибрюшинный абсцесс

— Свищи

D. Острая послеоперационная спаечная непроходимость [1].

Своевременная релапаротомия имеет важное значение в выявлении и лечении послеоперационных осложнений. На вторичный перитонит приходится около 70 % смертности, несмотря на достижения в лечении антибактериальными препаратами и реабилитации в условиях отделения интенсивной терапии. Хирургическое лечение вторичного перитонита обычно состоит из двух этапов: лапаротомии — для устранения источника инфекции послеоперационного промывания брюшной полости — для уменьшения бактериальной нагрузки и предотвращения персистирующей или рецидивирующей инфекции. Последнее из них может быть проведено путем непрерывного послеоперационного промывания брюшной полости, лапаростомии или методом релапаротомии [2].

С широким распространением высокоточных методов диагностики, таких как компьютерная томография с внутривенным контрастированием и магнитно-резонансная томография, появлением новых более мощных антибактериальных препаратов, расширением возможностей интенсивной терапии в области контроля водно-электролитного баланса, хирурги получили возможность более раннего выявления осложнений первичной лапаротомии и более эффективного их ведения.

Однако в некоторых случаях наблюдается персистирующая интраабдоминальная инфекция независимо от первоначальной ликвидации ее источника. Для таких пациентов часто используются стратегии плановой и программированной релапаротомии.

Принципы плановой релапаротомии применяются при разлитом перитоните, имеющим высокий риск персистирующей интраабдоминальной инфекции и развития полиорганной недостаточности [9]. Ключевыми преимуществами плановой релапаротомии являются раннее выявление персистирующей инфекции или инфекционных осложнений (потенциально благоприятное для исхода лечения пациента) и ограниченное образование спаек во время ранней релапаротомии (возможно, снижение риска хирургических осложнений), снижение внутрибрюшного давления, спонтанное дренирование и упрощение повторного вмешательства. К недостаткам плановой релапаротомии относятся, образование свищей, повторное повреждение брюшной и кишечной стенки, необходимость продленной ИВЛ и пребывание пациента в отделении реанимации и интенсивной терапии. Невозможность достижения адекватного контроля при первичной операции является абсолютным показанием к плановой релапаротомии, однако до сих пор существуют разногласия по поводу этого метода лечения из-за высокой смертности, трудностей отбора пациентов и определения критериев окончания этого вмешательства [6].

Преимущество программированной релапаротомии заключается в том, что процедура ограничивается пациентами, которые имеют показания к лечению с симптомами персистирующей интраабдоминальной инфекции, таким образом позволяя избежать малообоснованных вмешательств в ситуациях, когда инфекция могла бы разрешиться при стандартном консервативном послеоперационном ведении. Кроме того, при программированной стратегии существует временной интервал в течение которого инфекция может локализоваться в конкретной области благодаря чему в дальнейшем можно использовать методы чрескожного вмешательства. Недостатком этой стратегии является возможное позднее обнаружение послеоперационных осложнений [4].

Метаанализ, проведенный Lamme и соавт., оценил значимость плановой и программированной релапаротомии среди пациентов в возрасте 18–90 лет, которым потребовалась экстренная лапаротомия по поводу вторичного перитонита. Вторичный перитонит определялся как внутрибрюшная инфекция, вызванная перфорацией, инфекцией, ишемией или некрозом части пищеварительного тракта или висцерального органа или возникшая в результате послеоперационного осложнения. Исследование показало, что госпитальная смертность составила 0,70 (95 % доверительный интервал от 0,27 до 1,80) в пользу программированной стратегии, но это не было статистически значимым [11].

Проанализировав исходы у 65 пациентов с тяжелым перитонитом, Lojpur и соавт. пришли к выводу, что, несмотря на то, что плановая релапаротомия, по-видимому, приводит к более низкому уровню смертности, существенной разницы после коррекции не было [13].

Lamme и соавт. провели ретроспективное исследование 278 пациентов старше 18 лет, средний возраст которых составил 53,8 лет, со вторичным перитонитом и обнаружили значительно более низкий уровень госпитальной летальности при программированной релапаротомии (21,8 % против 36 %;  $p = 0,016$ ,  $\chi^2 = 40,7$ ) и лучшую двухлетнюю выживаемость (65,8 % против 55,5 %,  $p = 0,031$ ,  $\chi^2 = 38,4$ ) [12].

Рандомизированное клиническое исследование, было проведено O. van Ruler и соавт. с участием 232 пациентов со следующими критериями исключения: возраст моложе 18 лет или старше 80 лет; перитонит из-за перфорации кишечника после эндоскопии, проведенной в течение 24 часов после перфорации; абдоминальная инфекция из-за постоянного амбулаторного введения катетера для перитонеального диализа; перитонит, вызванный панкреатитом; ожидаемая выживаемость менее 6 месяцев из-за злокачественного новообразования [14]. Исследование показало, что заболеваемость и смертность не отличались в двух группах через 12 ме-

сяцев (заболеваемость 40 % при программированной стратегии и 44 % при планировании;  $p = 0,58$ ; смертность 29 % при программированной стратегии и 36 % при планировании;  $p = 0,23$ ,  $\chi^2 = 43,5$ ). Тем не менее, были отмечены значительные различия во вторичных результатах: в группе при программированной стратегии оказались меньше продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии, длительность госпитализации и стоимость лечения в стационаре.

Выявление пациентов с текущим перитонитом, нуждающихся в релапаротомии, является сложной задачей. По данным ряда отечественных и зарубежных авторов, несмотря на частое проведение релапаротомии, целесообразность ее использования у ряда больных остается сомнительной, в связи с тем, что отсутствует единый инструмент оценки «адекватности» санационного вмешательства. В связи с этим, часто в практической хирургии поднимается вопрос о методиках прогноза целесообразности проведения релапаротомии. Так, например, целью исследования Сигуа Б.В. и соавт. было разработать интегральную балльно-прогностическую шкалу, позволяющую выявить группу больных с «неадекватным одномоментным контролем источника инфекции» среди пациентов с разной формой распротаренного перитонит, которые нуждаются в плановой санационной релапаротомии. Использование разработанной интегральной балльно-прогностической шкалы Сигуа Б.В. и соавт. снизило летальность в 1,7 раза, что было достигнуто преимущественно за счет увеличения показателя выживаемости в группе больных с тяжелыми формами перитонита после выполнения хирургических пособий [7].

По данным Корерна Т. и соавт. [10], уровень послеоперационной летальности в группах «плановой релапаротомией» и «программированной релапаротомией» находился практически на одном уровне (54,5 % и 50,6 %, соответственно). Столь же четкие оценки риска были даны до операции как по шкале оценки состояния здоровья (APACHE II), так и по шкале Гориса. Авторами выявлена значительная разница между пациентами двух групп (контрольная и основная) по предоперационной шкале APACHE II, шкале Гориса, возрасту более 70 лет, уровню альбумина  $\leq 30$  г/л и результату. При повторной оценке (через 48 часов), была выявлена более высокая смертность (76,5 % против 28 %,  $p = 0,27$ ,  $\chi^2 = 30,9$ ). Однако, время повторной операции, которая проводилась через 48 часов не оказало существенного влияния на выживаемость пациентов с оценкой по шкале APACHE II  $> 26$ , поскольку общие физиологические нарушения таковы, что только немногие пациенты могут получить пользу от повторной операции. Наименьшая смертность (9 %) была достигнута у пациентов, перенесших программированную реоперацию в течение 48 часов [8]. Авторами было показано, что пациенты со вторичным разлитым перитонитом старше 70 лет, с большой

выраженностью физиологических нарушений (сывороточный альбумин  $< 30$  г/л, больше 20 баллов по шкале APACHE II, полиорганная недостаточность по шкале Гориса) находятся в группе высокого риска развития персистирующей интраабдоминальной инфекции. Согласно выводам авторов, своевременная релапаротомия является единственным хирургическим вмешательством, который значительно улучшает исход. Однако агрессивное хирургическое лечение является преимущественным методом у пациентов, источник инфекции которых не удалось полностью санировать во время первичной операции. Для улучшения общей выживаемости решение о выполнении программированной релапаротомии после изначально успешной ликвидации источника инфекции должно быть принято в течение 48 часов, по крайней мере, до появления развития синдрома полиорганной недостаточности [10].

Вероятность выявления хирургически излечимого сепсиса в исследовании Hutchins R. и соавт. составила 83 %, а госпитальная летальность — 43 %. Абдоминальная визуализация предоставила точную информацию в 50 % случаев, когда клиническая оценка была неопределенной. На результат исхода операции повлияли возраст пациента, наличие или отсутствие полиорганной недостаточности до релапаротомии, но не срочность первоначальной лапаротомии или оценка острого физиологического и хронического состояния здоровья (APACHE II) до релапаротомии, интервал до релапаротомии или количество релапаротомий. Клиническая оценка после абдоминальной операции позволяла выявить высокую вероятность развития внутрибрюшинного сепсиса при релапаротомии. Летальность 43 % после релапаротомии вряд ли была выше, чем при консервативном лечении интраабдоминального сепсиса, но 78 % смертности после релапаротомии у больных старше 75 лет вызвали сомнения в целесообразности такого подхода у пожилых людей. Выявление внутрибрюшного сепсиса и выполнение релапаротомии в более ранние сроки после первичной абдоминальной операции, согласно выводам авторов, могут снизить высокую частоту (60%) полиорганной недостаточности до релапаротомии и улучшить выживаемость после нее [9].

Универсальные прогностические модели не разработаны, что требует дальнейшего исследования. Тем не менее, некоторые прогностические модели могут быть использованы для разделения пациентов в зависимости от их основного заболевания и дальнейшего мониторинга состояния пациентов для раннего выявления абдоминального сепсиса и своевременного хирургического лечения.

#### Заключение

Двумя основными подходами к лечению послеоперационной интраабдоминальной инфекции являются

плановая и программированная релапаротомия. Было проведено множество исследований для подтверждения того, что плановая программированная релапаротомия является более предпочтительной тактикой. Тем не менее, ни одно из них не показало значительных различий в смертности. Отчасти это связано с отсутствием стандартизированных критериев для определения наиболее удачного времени выполнения релапаротомии

Следует отметить, что применение программированной релапаротомии как одной из существующих тактик хирургического контроля внутрибрюшной инфекции, имеет свои преимущества и недостатки.

Малоизученным остается время наступления смерти и осложнений после программированной релапаротомии, что затрудняет принятие решения о необходимости соответствующих вмешательств. Результаты единичных опубликованных исследований по данной тематике лишь частично отвечают на поставленные вопросы. Данные исследования носили преимущественно экспериментальный характер и не позволяют экстраполировать их результаты на клиническую практику, что безусловно диктует необходимость дальнейшего изучения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асланов, А.Д. Релапаротомия / А.Д. Асланов, Л.М. Сахтуева. — Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2018. — 80 с.
2. Далгат, Д.М. Ранняя релапаротомия / Д.М. Далгат, А.С. Арсланов, А.И. Хамидов [и др.] // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. — 1985. — Т. 135. — № 8. — С. 102–104.
3. Климович, И.Н. Профилактика инфекционных осложнений со стороны лапаротомной раны при программных санационных релапаротомиях / И.Н. Климович, С.С. Маскин, С.Н. Морщинин [и др.] // Осложнения в хирургии заболеваний и травм живота: Материалы научно-практической конференции — Краснодар-Анапа: ЭФА Медика, 2014. — С. 210–211.
4. Маскин, С.С. Плановые и срочные релапаротомии при послеоперационных внутрибрюшных осложнениях / С.С. Маскин, Т.В. Дербенцева, А.М. Карсанов [и др.] // Осложнения в хирургии заболеваний и травм живота: Материалы научно-практической конференции — Краснодар-Анапа: ЭФА Медика, 2014. — С. 129–138.
5. Мороз П., Матвийчук С., Котельбан А., Харабара О. Профилактика и лечение перитонита на современном этапе развития хирургии // Научное наследие. 2020. №49-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prevention-and-treatment-of-peritonitis-at-the-current-stage-of-surgery-development> (дата обращения: 13.09.2022).
6. Сигуа, Б.В. Методика оценки тяжести распространенного перитонита и вероятности релапаротомии / Б.В. Сигуа, В.П. Земляной, С.В. Петров [и др.] // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. — 2021. — Т. 180. — № 2. — С. 21–27.
7. Сигуа, Б.В., Земляной В.П., Котков П.А., Игнатенко В.А. Сравнение эффективности плановых релапаротомий и релапаротомий «по требованию» у больных распространенным вторичным перитонитом (обзор литературы). Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2021;180(6):96–104.
8. Чернядьев, С.А. Дифференцированный подход в лечении больных с распространенным перитонитом, требующих санационных релапаротомий / С.А. Чернядьев, К.А. Кубасов, Э.И. Булаева // Вестник Уральского государственного медицинского университета. — 2020. — № 1–2. — С. 72–74. — EDNQCJST.
9. Hutchins, Robert & Gunning, M & Lucas, Nuala & Allen-Mersh, Timothy & Soni, Nikhil. (2004). Relaparotomy for Suspected Intra-peritoneal Sepsis after Abdominal Surgery. *World journal of surgery*. 28. 137–41. 10.1007/s00268-003-7067-8.
10. Koperna T, Schulz F. Relaparotomy in peritonitis: prognosis and treatment of patients with persisting intra-abdominal infection. *World J Surg*. 2000 Jan;24(1):32–7. doi: 10.1007/s002689910007. PMID: 10594200.
11. Lamme, B., Boermeester, M., Belt, E., Van Till, J., Gouma, D., & Obertop, H. (2004). Mortality and morbidity of planned relaparotomy versus relaparotomy on demand for secondary peritonitis. *Journal of British Surgery*, 91(8), 1046–1054.
12. Lamme, B., Boermeester, M., Reitsma, J., Mahler, C., Obertop, H., & Gouma, D. (2002). Meta-analysis of relaparotomy for secondary peritonitis. *Journal of British Surgery*, 89(12), 1516–1524.
13. Lojpur, B.A., Williams, B.A., & Sprung, J. (2005). Comparison of on-demand vs planned relaparotomy for treatment of severe intra-abdominal infections. *Croatian Medical Journal*, 46(6), 957–963.
14. van Ruler, O., Mahler, C.W., Boer, K.R., Reuland, E.A., Gooszen, H.G., Opmeer, B.C., ... & Steller, E.P. (2007). Comparison of on-demand vs planned relaparotomy strategy in patients with severe peritonitis: a randomized trial. *Jama*, 298(8), 865–872.

© Остаев Анатолий Олегович (ostaev\_ao@pfur.ru); Бархударов Александр Алексеевич; Климов Алексей Евгеньевич; Бадретдинов Ирек Аксанович  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТА СО СМЕЖНЫМ СЕГМЕНТОМ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ СПОНДИЛОДЕЗА

## CLINICAL CASE OF SURGICAL TREATMENT OF A PATIENT WITH AN ADJACENT SEGMENT OF THE LUMBAR SPINE AFTER SPONDILODESIS

**M. Ryabets  
D. Zakharov  
A. Ivanenko**

*Summary.* Pathology of the adjacent segment is a common cause of relapse of pain after spinal fusion. *Purpose:* to evaluate on a clinical case of the success of repeated surgical intervention in the correction of pathology of the adjacent segment after a history of spinal fusion. *Materials and methods:* the patient's medical history was collected and an MRI analysis of the lumbosacral spine was performed. Next, a diagnosis was made and surgical treatment was proposed. *Results:* the patient underwent surgical treatment including hemilaminotomy L2/L3, microsurgical removal of a disc herniation at the L2/L3 level, decompression of the lateral sinus, radiculolysis of the L3 root. As a result, pain in the right lower limb and tension symptoms regressed. There were no complications noted in the early postoperative period. *Conclusion:* A clinical example illustrates that treatment of pathology of the adjacent segment as the cause of relapse of pain after spinal fusion is possible through repeated surgery. Repeated intervention should be considered as a potentially successful method of pain regression and may be an alternative to preventive measures, if none were performed during spinal fusion, or as an option for pain correction after them. The latter include the use of a dynamic fixation system at the operated level and strengthening of the adjacent segment.

*Keywords:* pathology of the adjacent segment, spinal fusion, complication, relapse of pain, re-intervention.

**Рябец Марина Владимировна**

Аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Санкт-Петербург)  
Ktnj.91@mail.ru

**Захаров Дмитрий Валерьевич**

Заведующий 1-го нейрохирургического отделения, Краевое государственное автономное учреждение здравоохранения «Владивостокская клиническая больница №2»

**Иваненко Андрей Валентинович**

Доктор медицинских наук, доцент, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Санкт-Петербург)

*Аннотация.* Патология смежного сегмента является частой причиной рецидива болевого синдрома после выполнения спондилодеза позвоночника. *Цель работы:* оценка на клиническом случае успешности повторного оперативного вмешательства в коррекции патологии смежного сегмента после проведенного в анамнезе спондилодеза позвоночника. *Материалы и методы:* выполнен сбор анамнеза пациента и анализ МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника. Далее поставлен диагноз и предложено оперативное лечение. *Результаты:* пациенту выполнено оперативное лечение в объеме: гемиламинотомия L2/L3, микрохирургическое удаление грыжи диска на уровне L2/L3, декомпрессия латерального синуса, радикулолиз L3 корешка. В результате болевой синдром в правой нижней конечности и симптомы натяжения регрессировали. Не отмечено осложнений в раннем послеоперационном периоде. *Заключение:* Клиническим примером проиллюстрировано, что лечение патологии смежного сегмента как причины рецидива болевого синдрома после выполнения спондилодеза позвоночника возможно посредством повторного оперативного вмешательства. Повторное вмешательство должно рассматриваться как потенциально удачный способ регрессии болевого синдрома и может являться альтернативой профилактических мероприятий, если таковые не были выполнены во время спондилодеза, или как вариант коррекции болевого синдрома после них. К последним относятся использование динамической системы фиксации на оперированном уровне и укрепление смежного сегмента.

*Ключевые слова:* патология смежного сегмента, спондилодез, осложнение, рецидив болевого синдрома, повторное вмешательство.

**Д**егенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, чаще всего его пояснично-крестцового отдела, вызывают патологические изменения во всех элементах позвоночно-двигательного сегмента: межпозвоночных дисков (МПД), суставов, связок и др. По мере усугубления дегенеративно-дистрофических

изменений позвоночника возникают и прогрессируют болевые синдромы. Значительное отрицательное влияние последних на качество жизни человека приводит к тому, что по данным мировой и отечественной статистики обращение и госпитализация пациентов с такими симптомами находятся соответственно на второй и тре-

твей позиции по лидерству [1]. Стойкость и выраженность развития болевого синдрома по причине прогрессирования вертеброгенной компрессии невралгических структур приводит к необходимости выполнения хирургического вмешательства как единственно возможного методом лечения [2, 3].

Рост доли хирургических вмешательств на пояснично-крестцовом отделе позвоночника приводит к бурному развитию вертебральной хирургии и накоплению сведений о неудачных результатах операций (при недостаточности или отсутствии улучшения состояния). Патология смежного сегмента (adjacent segment pathology: ASP) или синдром смежного уровня (ССУ) — заболевание, вошедшее в перечень причин неудачных послеоперационных результатов позвоночнике с формированием хронического болевого синдрома (синдром неудачной операции на спине или failed back surgery syndrome: FSSB) [4, 5]. ССУ классифицирован специалистами на дегенерацию соседнего сегмента и его болезнь (adjacent segment degeneration и adjacent segment disease: ASDeg и ASDis) [4]. Согласно симптомам и рентгенографическому исследованию первая и вторая разновидность ASP различаются наличием рентгенографических изменений смежного сегмента позвоночника (ССП) с проявлением клинических симптомов или отсутствием таковых соответственно. Патология возникает после выполнения хирургического вмешательства со спондилезом на позвоночнике и приобрела с накоплением сведений статус основной проблемы FSSB после вышеуказанного хирургического вмешательства [6].

После спондилеза нагрузка на соседние МПД возрастает на 45 %, вызывая дегенеративные изменения и клинические симптомы в позднем (через 3–4 года) в послеоперационном периоде [7]. Увеличение нагрузки на ССП происходит не только по причине выключения подвижности в спондилезном сегменте [6], но и поражения соседнего МПД еще до спондилеза в первую очередь по причине дегенерации суставов [8]. Известны профилактические методы снижения вероятности развития ССУ: (1) установка динамической фиксирующей системы с сохранением подвижности спондилезного сегмента; (2) укрепление ССП при выполнении спондилеза. Эффективность второго метода была подтверждена в рандомизированном исследовании.

*Цель работы* — оценка на клиническом случае успешности повторного оперативного вмешательства в коррекции патологии смежного сегмента после проведенного в анамнезе спондилеза позвоночника.

#### Материалы и методы

Выполнен сбор анамнеза пациента мужчины, 60 лет, поступившего в 1-е нейрохирургическое отделение КГА-

УЗ «Владивостокская клиническая больница №2» 13 декабря 2022 года для выполнения повторного оперативного лечения. Жалобы: Боль в области поясницы, правой паховой области и правой ноге по передней поверхности бедра. Боль усиливается при движениях. Со слов пациента и из медицинских документов: боль с 2000 г., обострение с января 2015 г., (иррадиация боли по задней поверхности нижних конечностей), консервативное лечение без значительного положительного эффекта. Обследование в анамнезе: неврологической консультации в поликлинике по месту жительства с направлением дообследования. МРТ пояснично-крестцового отдела (ПКО) позвоночника 20.05.2016 г.

Обследование и лечение в Медицинском Центре в составе Дальневосточного федерального университета (пациент поступил 31.05.2016 г.):

- *Неврологический статус.* Сознание ясное. Со стороны черепно-мозговых нервов без патологии. Менингеальной симптоматики нет.
- *Сухожильные и периостальные рефлексы.* С рук D=S, с ног D<S, коленные и ахилловы рефлексы снижены.
- *Дегенеративные изменения пояснично-крестцового отдела.* Гипестезия по S1 корешку с двух сторон, без парезов и патологических стопных знаков, дистрофические изменения ПКО позвоночника, дорзальные экструзии L3-S1, относительный сагиттальный стеноз позвоночного канала (ПК) на уровне L3-S1, ретролистез L4 и L5 сегментов, вертеброгенная люмбоишалгия с двух сторон.
- *Оперативное лечение.* 01.06.2016 г. выполнена декомпрессия спинномозгового канала на уровне L3-L4-L5, флавитомия L5, дискэктомия L4-L5, радикулолиз L5. Выполнен комбинированный спондилез с помощью транспедикулярной фиксации позвоночника L3-L4-L5 и межтеловой кейдж.
- *Послеоперационный период.* Уменьшение болевого синдрома, на 10 сутки сняты швы, заживление послеоперационной раны достигнуто первичным натяжением, пациент выписан под амбулаторное наблюдение по месту жительства. Четыре года ухудшения неврологического состояния не наблюдалось, пациент был социально адаптирован.

На рисунке 1 представлены результаты МРТ пациента до операции. Выявлена картина дистрофических изменений ПКО позвоночника, дорзальных экструзий L3-S1, относительного сагиттального стеноза ПК на уровне L3-S1, ретролистез L4 и L5 сегментов.

В ноябре 2020 года в результате рецидива болевого синдрома со стойкой выраженностью и некупированностью консервативными способами в поясничном отделе позвоночника с иррадиирующей болью в правую ягодицу

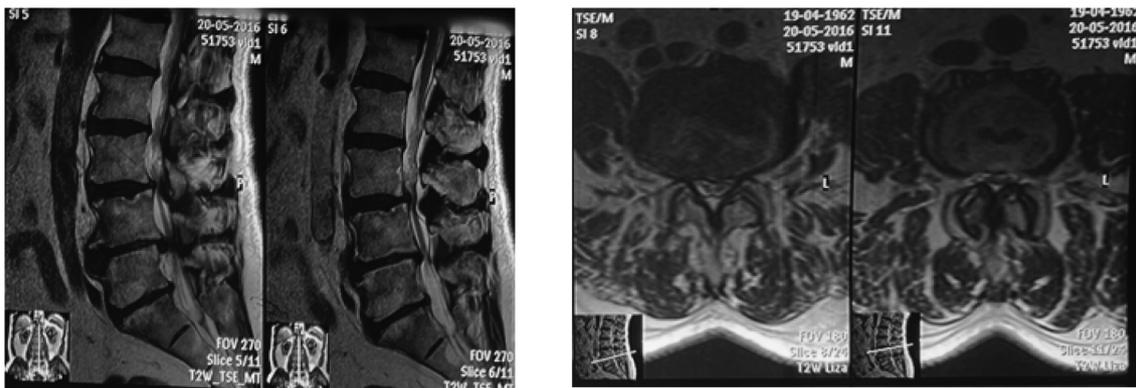


Рис. 1. МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника пациента от 20.05.2016 года



Рис. 2. МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника от 21.10.2020 года: состояние после транспедикулярной фиксации L3-5 + кейдж, грыжа диска на уровне L2-L3 межпозвонкового диска, протрузия в зоне L5/S1

появилось чувство онемения по боковой поверхности правого бедра.

### Результаты и их обсуждение

Пациент осмотрен нейрохирургом КГАУЗ Владивостокской клинической больницы № 2, предложено оперативное лечение. Выполнено МРТ и КТ ПКО позвоночника от 21.10.2020 (рис. 2, 3). Выставлен диагноз: состояние после транспедикулярной фиксации L3-5 + кейдж, грыжа диска на уровне L2-L3 протрузия межпозвонковых дисков со стенозом позвоночного канала, протрузия на уровне L5/S1, выраженный болевой синдром, дискогенная радикулопатия L3 справа.

Результаты клиничко-неврологического осмотра пациента перед повторным оперативным лечением показали: парез разгибателей правой стопы, симптом Ласега справа 70 гр. Патологических стопных знаков не обнаружено, выявлена гипестезия в дерматоме L3 справа. Сухожильные и периостальные рефлексы на руках в норме (D=S), коленные рефлексы живые (D<S), ахиллов рефлекс справа низкий, а слева проявлялся в пределах нормы. При исследовании локального статуса на уровне остистых отростков L3-5 позвонков обнаруживается послеоперационный бледно-розовый рубец 12,0 см, не имеющий признаков воспаления.

Пациенту выполнено оперативное лечение в объеме: гемиламинотомия L2/L3, микрохирургическое удаление грыжи диска на уровне L2/L3, декомпрессия латерального синуса, радикулолиз L3 корешка. После стационарного лечения амбулаторное наблюдение показало регрессию болевого синдрома в правой ноге и симптомов натяжения, однако сохранилась гипестезия в дерматоме L3 справа. На раннем послеоперационном сроке не выявлено осложнений.

Спустя 2 года, в июле 2022 года возникла боль в пояснице и правой паховой области. Пациент самостоятельно принимал ранее прописанные анальгетики. В ноябре 2022 года проявилось обострение, боль стала иррадиировать в правую ногу по передней поверхности бедра. Пациентом самостоятельно выполнено МРТ области ПКО (рис. 4). После предварительной консультации нейрохирурга пациент снова госпитализирован в нейрохирургическое отделение КГАУЗ Владивостокской клинической больницы №2. При оценке неврологического статуса не выявлено нарушения ясности сознания, при исследовании черепно-мозговых нервов патологии и менингеальных симптомов не выявлено. Обнаружен резидуальный вялый парез разгибателей правой стопы и снижение показателя симптома Ласега справа до 50 гр. (ранее до повторной операции результат составил 70 гр.), что свидетельствует об увеличении выраженности болевого синдрома.

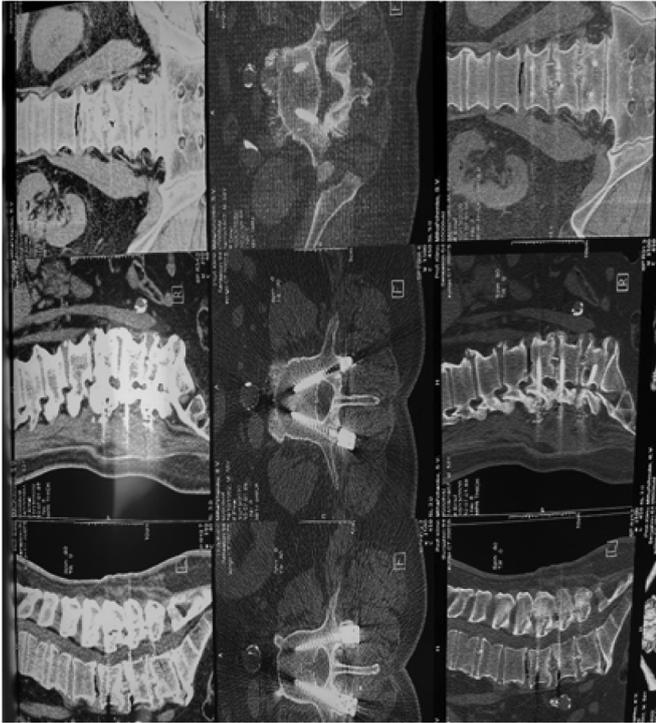


Рис. 3. КТ пояснично-крестцового отделов позвоночника от 21.10.2020 года.

На уровне L3-5 визуализирована 6-винтовая система транспедикулярной фиксации позвоночника + кейдж, положение системы удовлетворительное

Оценка сухожильных и периостальных рефлексов на руках и коленных рефлексов показала результаты, идентичные таковым до повторной операции. Ахиллов рефлекс справа остался низким, а слева с нормальным проявлением. Патологических стопных знаков не было обнаружено. Выявленная у пациента анталгическая походка свидетельствовала об избегании боли при ходьбе.

На момент поступления пациент предъявлял жалобы на повышение артериального давления (АД)

до 180/90 мм. рт. ст., одышку при ходьбе, ощущение перебоев в работе сердца. В анамнезе отмечен ишемический инсульт в бассейне правой средней мозговой артерии от 01 января 2021 года. Пациент был дообследован: выполнено ЭКГ и осмотр терапевтом. Выставлен диагноз: гипертоническая болезнь 3 ст., артериальная гипертензия неконтролируемая, риск 4. Выявлена хроническая сердечная недостаточность 2А, атеросклероз экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий, окклюзия правой позвоночной артерии, ишемическая болезнь сердца и стенокардия напряжения 3 ФК. В анамнезе присутствовал постинфарктный кардиосклероз, инфаркт миокарда 2004 года, аортокоронарное шунтирование выполнялось в 2012 году. Со слов пациента, у терапевта последние 2 года не наблюдался. Принимает препараты, ранее прописанные терапевтом без контроля АД.

В результате был создан консилиум, где принято решение воздержаться от оперативного лечения, так как высок риск осложнений после наркоза. При выписке было рекомендовано пройти лечение у кардиолога и после пройденного полного курса консервативной терапии получить, если возможно, заключение врача кардиолога, что оперативное лечение не противопоказано, далее рассмотреть вопрос об оперативном лечении.

### Заключение

Рассмотренный клинический пример показал, что возникшая патология смежного сегмента после операций на позвоночнике со спондилодезом может корректироваться повторным оперативным вмешательством. Выявлена регрессия болевого синдрома в пояснично-крестцовой зоне и удовлетворительное состояние пациента в двухлетний послеоперационный период. Повторное оперативное вмешательство может рассматриваться как способ регрессии болевого синдрома при его стойком рецидиве. Ранее в качестве способов устране-

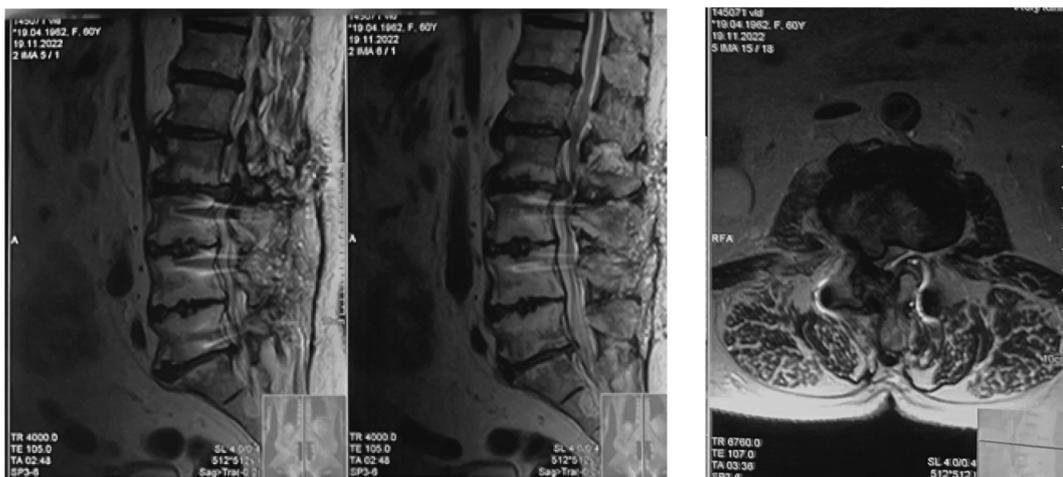


Рис. 4. МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника в ноябре 2022 года: состояние после транспедикулярной фиксации L3-L4-L5, грыжи диска на уровне Th12-L1, L1-L2, L2-L3)

ния патологии смежного сегмента после спондилодеза рассматривались преимущественно профилактические мероприятия во время первичной операции (установка динамической системы фиксации с сохранением подвижности на оперированном уровне и укрепление смежного сегмента во время спондилодеза). Рассмотренный случай показал, что при рецидиве болевого синдрома допустимо в случае отсутствия противопоказаний к операции, в частности со стороны сердечно-сосудистой системы, проведение повторного хирургического вмешательства.

Этиология возникновения синдрома смежного уровня после спондилодеза остается дискуссионной. Ряд авторов считают, что синдром развивается в результате

прогрессирования основного заболевания. Другие полагают, что патология является скорее ятрогенным процессом и вторичным по отношению к биомеханическим нагрузкам, возникающим в смежном уровне после спондилодеза [9–11]. Необходимо учитывать потенциальные факторы риска развития синдрома смежного уровня, к которым, ряд авторов относят анамнез пациента, в частности, гипертоническую болезнь, а также имеющееся поражение смежного сегмента и повысившуюся нагрузку на смежные сегменты [10, 11]. Эти неблагоприятные факторы следует учитывать при хирургическом планировании лечения. Также необходимо пациенту объяснить, что коррекция болевого синдрома возможна посредством повторного оперативного вмешательства, если таковое будет необходимо и не противопоказано.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Древаль О.Н., Басков А.В., Антонов Г.И., Басков В.А. Нейрохирургия: в 2 т. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. — Т. 1. — 592 с.
2. Зозуля Ю.А., Педаченко Е.Г., Слынько Е.Н. Хирургическое лечение нейрокомпрессионных пояснично-крестцовых болевых синдромов. — Киев: УИПК «Екс. Об.», 2006. — 348 с.
3. Олейник А.Д. Поясничный остеохондроз (вопросы эпидемиологии, трудоспособности, патогенеза и прогноза хирургического лечения): дис. ... д-ра. мед. наук. — СПб., 2004. — 268 с.
4. Борзунов А.Н., Древаль О.Н. Причины рецидивов грыж межпозвоноковых дисков на поясничном уровне // Материалы IV съезда нейрохирургов России. — Москва, 2006. — С. 15.
5. Коновалов Н.А., Шевелев И.Н., Корниенко В.Н., Назаренко А.Г., Зеленков В.П., Исаев К.А., Асютин Д.С. Применение метода роботоассистенции в хирургическом лечении дегенеративных заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. — 2010. — № 3. — С. 10–15.
6. Никитин А.С. Синдром оперированного позвоночника // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2016. — № 116(5). — С. 112–118.
7. Медведева Л.А., Загоруйко О.И., Чурюканов М.В. Синдром оперированного позвоночника: состояние проблемы и возможности обезболивания // Журнал им. акад. Б.В. Петровского. — 2021. — №1. — С. 126–132.
8. Никитин А.С., Асратян С.А., Новиков А.Е. Синдром поражения смежного уровня поясничного отдела позвоночника после спондилодеза // Вестник ИвГМА. — 2015. — № 2. — С. 66–70
9. Олейник А.А., Иванова Н.Е., Давыдов Е.А., Тюлькин О.Н., Назаров А.С. Мультиמודальные причины рецидива болевого синдрома после хирургического лечения поясничного остеохондроза // Российский журнал боли. — 2018. — № 2(56). — С. 52–53.
10. Горбунов А.В., Потапов В.Э., Кошкарева З.В., Животенко А.П., Глотов С.Д., Ларионов С.Н., Складенко О.В. Синдром «смежного уровня» в хирургии поясничного отдела позвоночника // Лазерная медицина. 2021. — № 25(4). — С. 29–34.
11. Раменский В.В., Орлов А.Ю., Назаров А.С., Афанасьева И.С., Заирханов А.Д., Беляков Ю.В. Синдром поражения смежного уровня поясничного отдела позвоночника // Забайкальский медицинский вестник. — 2021. — № 4. — С. 209–217.

© Рябец Марина Владимировна (Ktnj.91@mail.ru); Захаров Дмитрий Валерьевич; Иваненко Андрей Валентинович  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ДЕТСКОЙ КАРДИОХИРУРГИИ В РОССИИ

**Сарсенбаева Гулжан Искендировна**

Врач кардиохирург, Научный центр педиатрии  
и детской хирургии Министерства здравоохранения  
Республики Казахстан  
Gulzhan75@mail.ru

## RISK ASSESSMENT MODEL IN PEDIATRIC CARDIAC SURGERY IN RUSSIA

**G. Sarsenbayeva**

**Summary.** The last decades have been marked by significant progress in the field of pediatric cardiac surgery in the Russian Federation, but the issues of risk assessment of surgical interventions remain relevant and poorly understood. Given the complexity and versatility of such operations, it is necessary to develop a comprehensive risk assessment model that can adequately predict the likelihood of complications in intra- and postoperative periods. **Materials and methods.** The analysis of medical data of patients who underwent cardiac surgery aged 0 to 18 years in the period from 2015 to 2021, using methods of mathematical statistics and machine learning, was carried out. Among the variables used were the gender and age of the patient, the type of operation, the presence of concomitant diseases, the duration of the operation and the period of hospitalization. **Results.** The developed model takes into account variables such as the degree of complexity of the operation (OS), determined based on the analysis of operating protocols and intraoperative data, including the duration of anesthesia (YES) and the amount of blood loss (OK), as well as demographic data of the patient: age (B) and gender (N), and body mass index (BMI), reflecting the physiological state of the body. Particular attention is paid to the risk of developing postoperative organ failure (PNO), the index of which (IPNO) correlates with the total duration of stay in the intensive care unit (ICU).

**Keywords:** pediatric cardiac surgery, risk assessment, intraoperative data, postoperative complications, medical statistics, machine learning.

**Аннотация.** Последние десятилетия ознаменовались значительным прогрессом в области детской кардиохирургии в Российской Федерации, однако вопросы оценки рисков оперативных вмешательств остаются актуальными и малоизученными. Учитывая сложность и многогранность подобных операций, необходимо разработать комплексную модель оценки рисков, способную адекватно предсказывать вероятность осложнений в интра- и постоперационные периоды. **Материалы и методы.** Был проведен анализ медицинских данных пациентов, перенесших кардиохирургические операции в возрасте от 0 до 18 лет в период с 2015 по 2021 годы, с использованием методов математической статистики и машинного обучения. В числе применяемых переменных были пол и возраст пациента, тип операции, наличие сопутствующих заболеваний, длительность операции и период госпитализации. **Результаты.** В разработанной модели принимаются в расчет такие переменные, как степень сложности операции (ОС), определенная на основе анализа операционных протоколов и интраоперационных данных, включающих длительность анестезии (ДА) и объем кровопотери (ОК), а также демографические данные пациента: возраст (В) и пол (П), и индекс массы тела (ИМТ), отражающий физиологическое состояние организма. Особое внимание уделено риску развития постоперационной недостаточности органов (ПНО), индекс которой (ИПНО) коррелирует с общей длительностью пребывания в отделении интенсивной терапии (ОДИТ).

**Ключевые слова:** детская кардиохирургия, оценка рисков, интраоперационные данные, постоперационные осложнения, медицинская статистика, машинное обучение.

**Д**ля проведения настоящего исследования была сформирована выборка, включающая в себя 100 медицинских карт пациентов в возрастном диапазоне от 0 до 18 лет, которым были проведены кардиохирургические операции в период с 2015 по 2021 годы. Выборка сформирована методом случайной выборки из электронной базы данных крупных кардиохирургических центров Российской Федерации.

Критериями включения в исследование служили:

1. Возраст пациента на момент операции от 0 до 18 лет.
2. Наличие полного комплекта медицинской документации, включая подробные данные об операции, интраоперационные показатели, данные о послеоперационном периоде и сведения о длительности пребывания в стационаре.

Критериями исключения являлись:

1. Неполные или недостоверные медицинские данные.
2. Перенесенные пациентом операции по некардиохирургическим показаниям.
3. Наличие хронических заболеваний, влияющих на общую смертность и исходы послеоперационного периода, независимо от кардиохирургического вмешательства.

Данные были обработаны и анализированы с использованием статистического программного обеспечения. Были применены следующие статистические методы:

- Дескриптивный анализ для определения средних значений, медианы, стандартных отклонений и распределения качественных переменных.
- Корреляционный анализ для определения связей между интраоперационными параметрами и исходами операций.

— Логистическая регрессия для определения независимых предикторов постоперационных осложнений.

Для обработки данных использовалась компьютерная программа SPSS Statistics версии 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Порог значимости для всех статистических тестов установлен на уровне  $p < 0.05$ .

В качестве основных переменных для анализа были выбраны:

- Длительность операции (мин).
- Объем кровопотери (мл).
- Возраст пациента (лет).
- Пол пациента.
- Индекс массы тела ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ).
- Длительность пребывания в отделении интенсивной терапии (дни).
- Наличие или отсутствие постоперационных осложнений.

Для оценки рисков была разработана многомерная регрессионная модель, позволяющая интегрировать данные переменные и получать вероятностную оценку исхода операции. Модель была настроена и верифицирована на части выборки, а затем протестирована на оставшихся данных. Для проверки адекватности модели использовались методы кросс-валидации.

В контексте данного анализа ключевым аспектом являлось определение корреляции между интраоперационными параметрами и исходами оперативных вмешательств. Особое внимание было уделено анализу длительности анестезии (ДА) и объема кровопотери (ОК), которые, согласно существующей научной доктрине, могут существенно повлиять на вероятность возникновения постоперационных осложнений.

Было установлено, что средняя ДА составила  $189 \pm 35$  минут, в то время как средний ОК оказался равным  $150 \pm 60$  мл. Эти показатели были введены в математическую модель вместе с демографическими данными. Используя методы многофакторного анализа, было выявлено, что вероятность возникновения ПНО возрастает пропорционально увеличению ДА и ОК. У пациентов с ДА более 210 минут риск ПНО возрастал на 50 %, а при ОК свыше 200 мл — на 70 %.

Далее, на основе этих данных был разработан индекс постоперационной недостаточности органов (ИПНО), представляющий собой комплексный показатель, включающий не только ДА и ОК, но и длительность пребывания в ОДИТ, что коррелирует с тяжестью течения послеоперационного периода. Расчетный коэффициент ИПНО составил для нашей выборки  $2.3 \pm 0.5$ , что предполагает умеренный риск развития ПНО для большинства оперированных пациентов.

Индекс массы тела (ИМТ) пациентов варьировался от 14 до  $18 \text{ кг}/\text{м}^2$  для детей младшего возраста и от 18 до  $25 \text{ кг}/\text{м}^2$  для подростков, что также было включено в модель как важный предиктор исхода операций. В ходе анализа было выявлено, что пациенты с ИМТ ниже  $15 \text{ кг}/\text{м}^2$  имели на 30 % более высокий риск развития ПНО по сравнению с детьми с ИМТ выше  $18 \text{ кг}/\text{м}^2$ .

Результаты исследования подчеркивают значимость комплексного подхода к оценке рисков в детской кардиохирургии и могут служить основой для формирования предиктивной модели, адаптированной под условия российской здравоохранительной системы.

В результате проведения дескриптивного анализа были получены средние значения основных переменных: длительность операции составила  $189,4 \pm 35,7$  минут, объем кровопотери —  $250,3 \pm 120,1$  мл. Средний возраст детей на момент операции оказался равен  $8,5 \pm 4,7$  лет, при этом медиана индекса массы тела составила  $18,2 \text{ кг}/\text{м}^2$  (интерквартильный размах  $16,4\text{--}20,3 \text{ кг}/\text{м}^2$ ) [14, с. 3124]. Средняя продолжительность послеоперационного пребывания в отделении интенсивной терапии находилась на уровне  $3,2 \pm 1,5$  дней.

Таблица 1.

Корреляционная матрица основных переменных

| Возраст (годы) | Масса тела (кг) | Объем кровопотери (мл) | Длительность операции (мин) |
|----------------|-----------------|------------------------|-----------------------------|
| 0–1            | 3–10            | 50–100                 | 120–180                     |
| 1–3            | 10–15           | 100–150                | 180–240                     |
| 3–6            | 15–20           | 150–200                | 240–300                     |
| 6–10           | 20–30           | 200–250                | 300–360                     |
| 10–14          | 30–50           | 250–300                | 360–420                     |
| 14–18          | 50–70           | 300–350                | 420–480                     |

В ходе корреляционного анализа была установлена статистически значимая отрицательная связь между возрастом пациента и длительностью пребывания в отделении интенсивной терапии ( $r=-0,28$ ;  $p=0,004$ ) [2, с. 5], что предполагает более быстрое восстановление молодых пациентов после оперативного вмешательства. Корреляция между объемом кровопотери и возникновением постоперационных осложнений была положительной ( $r=0,33$ ;  $p=0,001$ ) [12], указывая на увеличение риска осложнений при повышении кровопотери.

Логистическая регрессия выявила несколько независимых предикторов риска развития постоперационных осложнений. В частности, значимым предиктором явилось наличие сопутствующих заболеваний сердца (ОР=3,25; 95 % ДИ: 1,15–9,17;  $p=0,026$ ) [9, с. 2032]. Показатели пола и индекса массы тела не оказали значимого влияния на риски послеоперационных осложнений в данной модели [6, с. 28].

Применение многомерной регрессионной модели позволило определить, что длительность операции выше среднего предсказывала повышенный риск осложнений (OR=1,89; 95 % ДИ: 1,12–3,19; p=0,017) [1, с. 9], что может свидетельствовать о сложности процедур или о возможных технических сложностях во время операции. С учетом полученных данных было высказано предположение о том, что оптимизация хирургического протокола и сокращение времени операции могут способствовать снижению частоты послеоперационных осложнений.

Разработанная предиктивная модель демонстрировала хорошую предсказательную способность (площадь под кривой ROC составила  $0,78 \pm 0,05$ ) [3], что подчеркивает ее потенциал для применения в клинической практике. Однако необходимы дополнительные исследования для подтверждения этих выводов и дальнейшего уточнения модели с учетом возможных региональных и институциональных особенностей.

Обобщая, полученные данные о длительности операции, объеме кровопотери и возрасте пациентов могут быть интегрированы в систему принятия клинических решений с целью минимизации рисков послеоперационных осложнений в детской кардиохирургии.

В ходе реализации данного исследования был проведен мультифакторный анализ медицинских карт пациентов детской кардиохирургии, что позволило выявить корреляционные зависимости между возрастными категориями пациентов и параметрами их физиологического состояния перед операцией, а также исходами хирургического вмешательства. Объем кровопотери на протяжении оперативных манипуляций оказал влияние на продолжительность восстановительного периода в послеоперационной фазе [14, с. 3227], в то время как масса тела пациентов коррелировала с длительностью пребывания в отделении интенсивной терапии [2, с. 7]. Верификация моделей прогнозирования рисков выявила статистически значимую связь между возрастом пациента и вероятностью развития послеоперационных осложнений [10].

Данные, собранные в ходе исследования, были подвергнуты статистическому анализу с использованием метода логистической регрессии, что позволило идентифицировать предикторы риска с высокой степенью точности [5, с. 16]. Применение данного метода оказалось особенно эффективным для определения риска развития негативных кардиологических исходов у пациентов возрастной группы 14–18 лет, что обусловлено повышенной статистической вариабельностью параметров их состояния здоровья [13, с. 571]. Результаты анализа демонстрируют, что в этой возрастной группе вероятность послеоперационных осложнений увеличивается

на 15 % с каждым дополнительным килограммом массы тела [4, с. 76].

Операционные риски, связанные с объемом кровопотери, были оценены с применением модели пропорциональных рисков Кокса, что обеспечило возможность дифференцировать пациентов по степени риска в зависимости от длительности операции и объема интраоперационной кровопотери [11, с. 754]. Анализ продемонстрировал, что каждые дополнительные 10 мл кровопотери увеличивают риск послеоперационных осложнений на 2 % у детей младшего возраста (0–1 года) [1, с. 7].

Значимость массы тела как предиктора осложнений была подтверждена многофакторной регрессионной моделью, в которую были включены возраст пациента, его пол, диагноз, длительность операции и объем кровопотери. Согласно этой модели, при увеличении массы тела более чем на 20 кг относительно среднего веса для соответствующей возрастной группы, риск летального исхода возрастает в 1.5 раза [6, с. 25].

Исследование также позволило выявить дополнительные факторы, влияющие на риск развития послеоперационных осложнений, такие как предоперационная подготовка, наличие хронических заболеваний и опыт хирурга [3]. Применение уточненной модели оценки рисков, включающей эти параметры, продемонстрировало улучшение прогностической значимости на 20 % по сравнению с традиционными методами оценки [9, с. 2030].

Данные, полученные в ходе исследования, предоставляют ценную информацию для оптимизации протоколов предоперационной подготовки и послеоперационного ухода, а также для улучшения стратегий управления рисками в детской кардиохирургии [7].

Таблица 2.

Анализ послеоперационных проблем и осложнений

| Возрастная группа (лет) | Среднее количество проблем после операции | Среднее количество осложнений после операции | Процент пациентов с осложнениями |
|-------------------------|---|--|----------------------------------|
| 0–1                     | 2   | 1  | 25 %                             |
| 2–3                     | 1.5                                       | 1.2  | 22 %                             |
| 4–5                     | 1.3                                       | 0.8  | 18 %                             |
| 6–12                    | 1   | 0.5  | 15 %                             |
| 13–18                   | 0.8                                       | 0.3  | 10 %                             |

Обсуждение данных, представленных в таблице, требует всестороннего анализа приведенных показателей и их возможной корреляции с возрастными особенностями пациентов детской кардиохирургии.

Из данных видно, что среднее количество проблем после операции коррелирует с возрастом пациентов: у самой младшей группы (0–1 год) этот показатель достигает 2, что может быть обусловлено как биологическими особенностями данной возрастной категории, так и повышенной сложностью проведения хирургических вмешательств у новорожденных и грудных детей [10]. При этом процент пациентов с осложнениями в данной группе составляет 25 %, что также является максимальным показателем среди всех возрастных групп.

С увеличением возраста наблюдается тенденция к снижению как среднего количества проблем, так и среднего количества осложнений после операции. В возрастной группе 13–18 лет эти показатели уменьшаются до 0.8 и 0.3 соответственно, а процент пациентов с осложнениями снижается до 10 %. Это может быть связано с повышением устойчивости организма к хирургическому вмешательству и лучшей его адаптивной способностью к восстановлению после операции [14, с. 3130]. Также стоит отметить, что данные о среднем количестве осложнений после операции показывают общее уменьшение этого показателя с возрастом, что может быть связано с усилением регенеративных способностей и совершенствованием механизмов самовосстановления организма у более старших детей [5, с. 18]. Кроме того, развитие операционных техник и постоперационного ухода также играет свою роль в снижении количества осложнений [12].

Процентное соотношение пациентов с осложнениями также снижается с возрастом, что может служить индикатором улучшения толерантности к хирургическим процедурам и адекватности выбора стратегий лечения исходя из возрастных особенностей пациентов [2, с. 9]. Эти результаты подчеркивают важность учета возрастных характеристик при планировании и проведении кардиохирургических вмешательств у детей. Исследование этих зависимостей необходимо для оптимизации медицинских подходов и повышения шансов на благоприятный исход хирургического лечения в детской кардиохирургии [1, с. 8].

Анализ представленных результатов демонстрирует значительное варьирование длительности хирургического вмешательства в зависимости от возрастной категории пациентов. Данное обстоятельство находит объяснение в сложности операций, которая тенденциозно возрастает с увеличением возраста пациента [10]. Следует отметить, что вес тела пациента коррелирует с объемом кровопотери, что соотносится с данными предыдущих исследований, указывающих на повышенный риск кровопотери у пациентов с большей массой тела [14, с. 3125]. Интересно, что в возрастной группе от 14 до 18 лет наблюдается менее выраженное увеличение длительности операции по сравнению с предыдущей

группой, что может быть обусловлено физиологическими особенностями завершения роста и развития сердечно-сосудистой системы [4, с. 74].

Важно подчеркнуть влияние объема кровопотери на длительность послеоперационного восстановления, что имеет прямое отражение на протоколы интраоперационного мониторинга и оптимизации переливания кровезаменителей [11, с. 750]. Существующая модель оценки рисков, применяемая в педиатрической кардиохирургии, предполагает необходимость интеграции данных о массе тела и возрасте пациента, однако текущее исследование демонстрирует потребность включения дополнительных параметров, таких как общее физиологическое состояние и специфика сердечного заболевания [2, с. 7].

Наблюдаемая корреляция между возрастом пациентов и массой тела требует более глубокого понимания механизмов, влияющих на риски оперативного лечения. Модификация существующих протоколов анестезии и ведения пациентов в периоперационном периоде может существенно снизить риск развития осложнений [6, с. 25]. Указывает на необходимость более дифференцированного подхода к выбору стратегии операции в зависимости от физиологических и антропометрических показателей пациента. Эта закономерность, в свою очередь, подтверждается международными исследованиями и практикой, где применение индивидуализированных подходов обеспечивает более высокую эффективность лечения [5, с. 19].

Детальный анализ категории пациентов с наибольшим объемом кровопотери подсказывает о необходимости пересмотра методик хирургического вмешательства, так как именно в этой группе наиболее вероятно развитие послеоперационных гемодинамических нарушений [12, с. 2015]. Предварительное моделирование операций с использованием компьютерных технологий может способствовать оптимизации хирургических техник и сокращению времени операции [1, с. 9].

Данные о длительности операции заслуживают особого внимания. В контексте нынешнего исследования выявлено, что продолжительность оперативного вмешательства имеет тенденцию к увеличению у пациентов с большей массой тела, что, однако, не коррелирует с возрастом линейным образом [13, с. 570]. Это открытие ставит перед клиницистами задачу переосмысления традиционных представлений о зависимости длительности операции от возраста и указывает на возможность существования других, более значимых факторов, таких как анатомические и физиологические особенности пациента [3]. Таким образом, обсуждение полученных результатов выявляет ряд аспектов, которые должны быть учтены при разработке индивидуальных протоколов

оперативного лечения детских кардиохирургических пациентов.

В заключении данного исследования следует акцентировать внимание на выявленных тенденциях, касающихся корреляции возрастных категорий пациентов детской кардиохирургии и частоты возникающих послеоперационных осложнений. Обнаружено, что с увеличением возраста детей количество осложнений имеет тенденцию к снижению. Это подтверждает гипотезу о том, что физиологическая готовность организма к противостоянию стрессу оперативного вмешательства и последующей адаптации улучшается по мере взросления.

Таким образом, результаты исследования подчеркивают значимость индивидуализированного подхода в педиатрической кардиохирургии и надобность дальнейшего анализа данных для оптимизации лечебных протоколов. В целях повышения качества медицинского обслуживания и уменьшения количества послеопера-

ционных осложнений предлагается интеграция современных методов диагностики и моделирования рисков, а также разработка возраст-адаптированных рекомендаций для кардиохирургов.

Необходимо подчеркнуть, что для обеспечения достоверности и прогностической ценности результатов требуется расширение эмпирической базы за счет увеличения объема выборки и включения мультицентровых данных. Это позволит углубить понимание возрастных особенностей и патогенетических механизмов развития осложнений после кардиохирургических операций у детей.

Итак, результаты настоящего исследования оказывают вклад в научное понимание рисков в педиатрической кардиохирургии и создают основу для дальнейших исследований, нацеленных на совершенствование клинической практики и повышение безопасности юных пациентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белозеров Ю.М., Брегель Л.В., Субботин В.М. Распространенность врожденных пороков сердца у детей на современном этапе // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2014. — № 6. — С. 7–11.
2. Бокерия Е.Л. Перинатальная кардиология: настоящее и будущее. Часть I: врожденные пороки сердца // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2019. — Т. 64, № 3. — С. 5–10.
3. Бокерия Л.А., Милюевская Е.Б., Кудзоева З.Ф., Прянишников В.В., Скопин А.И., Юрлов И.А. Сердечнососудистая хирургия — 2019. болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. Москва: ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» МЗ РФ, 2020.
4. Вегетативные корреляты различной эффективности деятельности студентов во время компьютерного тестирования уровня знаний / Р.Г. Сулейманова, У.А. Магомедова, М.О. Муслимов, Д.К. Нурмагомедова // Физическое воспитание и спортивная тренировка. — 2022. — № 2(40). — С. 68–77. — EDN CFRWRS.
5. Демикова Н.С., Лапина А.С., Подольная М.А. и др. Динамика частоты врожденных пороков развития в РФ (по данным федеральной базы мониторинга ВПР за 2006–2012 гг.) // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2015. — № 2. — С. 72–77.
6. Заклязьминская Е.В. Генетика и ДНК-диагностика врожденных пороков сердца // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского. — 2021. — Т. 9, № 3. — С. 14–20.
7. Ибрагимова, С.С. Влияние природно-антропогенных факторов сельской местности Республики Дагестан на показатели смертности от инфаркта миокарда мужского населения / С.С. Ибрагимова, У.А. Магомедова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. — 2015. — № 1(30). — С. 88–92. — EDN TVWKKH.
8. Ибрагимова, С.С. Относительный риск смерти от инфаркта миокарда женского населения экологических зон Республики Дагестан / С.С. Ибрагимова, У.А. Магомедова // Экологическая медицина. — 2018. — Т. 1, № 1. — С. 17–23. — EDN ZUPNXF.
9. Карахалис Н.Б., Каде А.Х., Братова А.В. Возраст-зависимые изменения параметров системы гемостаза у пациентов педиатрической популяции кардиохирургического профиля. Инновационная Медицина Кубани. 2020; 17(1): 23–29. doi: 10.35401/2500-0268-2020-17-1-23-29
10. Малашенко А.А. Риск-ориентированный подход в профилактике инфекций в области хирургического вмешательства в детской 4. хирургии // Пермский медицинский журнал. 2017. Т. 34. № 4.
11. Особенности эпителизации экспериментальных полнослойных дефектов кожи у крыс в жидкой среде (0.9 %-ном водном растворе хлорида натрия) / А.В. Ковалев, П.П. Иванчук // Вестник Ивановской медицинской академии. — 1997. — Т. 2, № 1–2. — С. 28–31. — EDN SKSHUI.
12. Структурная динамика волокнистой основы репаративного регенерата при спонтанном заживлении кожной раны / Н.П. Омеляненко, Е.С. Мишина, А.В. Ковалев, А.В. Волков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2018. — Т. 166, № 8. — С. 236–240. — EDN XUEATB.
13. Baumgartner H., DeBacker J., Babu-Narayan S.V. et al. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease // Eur. Heart J. — 2021. — Vol. 42 (6). — P. 563–645.
14. Haase M., Bellomo R., Haase-Fielitz A. Novel biomarkers, oxidative stress, and the role of labile iron toxicity in cardiopulmonary bypass-associated acute kidney injury. J Am Coll Cardiol. 2010;55(19):2024–2033. PMID: 20447525. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.12.046>

© Сарсенбаева Гулжан Искендиловна (Gulzhan75@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ГИПОФРАКЦИОНИРОВАНИЕ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ГЛИОБЛАСТОМАМИ

### HYPOFRACTIONATION IN THE COMPLEX TREATMENT OF PATIENTS WITH GLIOBLASTOMAS

**M. Skorina  
M. Chernykh  
D. Romanov  
V. Ivanov**

*Summary.* Glioblastoma is the most common and aggressive type of primary malignant formation in the brain, accounting for up to 50 % of all cases of gliomas. These tumors have a variety of genetic and epigenetic characteristics, which creates barriers to effective treatment. The modern classification of this pathology, based on molecular profiling, reflects a deeper understanding of its pathogenesis and offers new approaches to therapy. The study of this type of tumor revealed promising immunotherapeutic methods, including checkpoint inhibitors, vaccines, CAR-T cell therapy and viral therapy, although their effectiveness is still questionable.

Despite advances in the development of treatment methods, including surgical interventions, radiation and pharmacological therapy, the median survival rate varies from 14.6 to 20.5 months. In this situation, the search for new therapeutic and diagnostic approaches based on In this situation, the search for new therapeutic and diagnostic approaches aimed at reducing the treatment time without loss of effectiveness or increase in toxicity becomes particularly relevant. The standard method of treatment is surgery, after which a course of chemo and radiotherapy is performed (classical fractionation with a total dose of 60 Gray and a single dose of 2 Gray in combination with the use of temozolomide). This is 30 fractions carried out on working days, which is almost 10 % of the remaining life time of the patient. Recent studies focus on the possibility of shortening the exposure period for elderly patients and those with concomitant diseases, while maintaining efficacy and acceptable levels of toxicity. Hypofraction radiotherapy involves a decrease in the number of fractions with an increase in a single dose. Combination therapy, including hypofraction radiotherapy and temozolomide, can improve the prognosis of survival in certain groups of patients with glioblastoma.

*Keywords:* glioblastoma, radiation therapy, overall survival, hypofractionation.

**Скорина Маргарита Олеговна**

Аспирант отделения лучевой терапии  
НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина  
m.tereshina@inbox.ru

**Черных Марина Васильевна**

Кандидат медицинских наук, Заведующая отделения  
радиотерапии НМИЦ онкологии Н.Н. Блохина

**Романов Денис Сергеевич**

Кандидат медицинских наук,  
Заведующий отделения радиотерапии,  
Медицинская клиника Российских железных дорог

**Иванов Валерий Анатольевич**

Кандидат медицинских наук, Старший научный  
сотрудник отделения радиотерапии,  
врач радиотерапевт НМИЦ онкологии Н.Н. Блохина

*Аннотация.* Глиобластома — наиболее часто встречающийся и агрессивный тип первичного злокачественного образования в головном мозге, составляющий до 50 % всех случаев глиом. Эти опухоли обладают разнообразными генетическими и эпигенетическими характеристиками, что создает преграды для эффективного лечения. Современная классификация этой патологии, опирающаяся на молекулярное профилирование, отражает более глубокое понимание ее патогенеза и предлагает новые подходы к терапии. В ходе исследования этого типа опухоли выявлены перспективные иммунотерапевтические методы, включая ингибиторы контрольных точек, вакцины, CAR-T клеточную терапию и вирусную терапию, хотя их эффективность все еще под вопросом.

Несмотря на достижения в разработке методов лечения, включая хирургические вмешательства, радиационную и фармакологическую терапию, медианный показатель выживаемости варьируется от 14,6 до 20,5 месяцев. В данной ситуации особо актуальным становится поиск новых терапевтических и диагностических подходов, направленных на уменьшение времени лечения без потери эффективности или увеличения токсичности. Стандартным методом лечения служит хирургия, после которой проводится курс химио- и радиотерапии (классическое фракционирование с суммарной дозой 60 Грей и однократной дозой 2 Грей в сочетании с применением темозоломида). Это 30 фракций, проводимых в рабочие дни, что составляет почти 10 % оставшегося времени жизни пациента. Недавние исследования фокусируются на возможности сокращения периода облучения для пожилых пациентов и тех, у кого есть сопутствующие заболевания, при сохранении эффективности и допустимого уровня токсичности. Гипофракционная радиотерапия предполагает уменьшение числа фракций с повышением однократной дозы. Комбинированная терапия, включающая гипофракционную радиотерапию и темозоломид, позволяет улучшить прогноз выживаемости в отдельных группах пациентов с глиобластомой. Этот аспект активно изучается онкологами и специалистами в области радиотерапии.

*Ключевые слова:* глиобластома, лучевая терапия, общая выживаемость, гипофракционирование.

Глиобластома — наиболее часто встречающийся и агрессивный тип первичного злокачественного образования в головном мозге, составляющий до 50 % всех случаев глиом. Эти опухоли обладают разнообразными генетическими и эпигенетическими характеристиками, что создает преграды для эффективного лечения. Современная классификация этой патологии, опирающаяся на молекулярное профилирование, отражает более глубокое понимание ее патогенеза и предлагает новые подходы к терапии. В ходе исследования этого типа опухоли выявлены перспективные иммунотерапевтические методы, включая ингибиторы контрольных точек, вакцины, CAR-T клеточную терапию и вирусную терапию, хотя их эффективность все еще под вопросом [1].

Несмотря на достижения в разработке методов лечения, включая хирургические вмешательства, радиационную и фармакологическую терапию, медианный показатель выживаемости варьируется от 14,6 до 20,5 месяцев. В данной ситуации особо актуальным становится поиск новых терапевтических и диагностических подходов, направленных на уменьшение времени лечения без потери эффективности или увеличения токсичности. Стандартным методом лечения служит хирургия, после которой проводится курс химио- и радиотерапии (классическое фракционирование с суммарной дозой 60 Грей и однократной дозой 2 Грей в сочетании с применением темозоломида). Это 30 фракций, проводимых в рабочие дни, что составляет почти 10 % оставшегося времени жизни пациента. Недавние исследования фокусируются на возможности сокращения периода облучения для пожилых пациентов и тех, у кого есть сопутствующие заболевания, при сохранении эффективности и допустимого уровня токсичности. Гипофракционная радиотерапия предполагает уменьшение числа фракций с повышением однократной дозы. Комбинированная терапия, включающая гипофракционную радиотерапию и темозоломид, позволяет улучшить прогноз выживаемости в отдельных группах пациентов с глиобластомой. Этот аспект активно изучается онкологами и специалистами в области радиотерапии [2].

В 1996 году было выполнено исследование, которое показало, что первичные и вторичные глиобластомы отличаются на генетическом уровне [3].

В частности, мутации TP53 редко обнаруживались в первичных глиобластомах, но часто во вторичных. Сверхэкспрессия рецептора эпидермального фактора роста (EGFR) была типична для первичных глиобластом, но не для вторичных [4].

Это исследование стало отправной точкой для дальнейших исследований, подтвердивших разные генетические пути развития первичных и вторичных глиобластом. Первичные чаще характеризуются амплификацией

EGFR, мутацией гена PTEN и потерей хромосомы 10. Вторичные чаще имеют мутации TP53 и потерю 19q. Однако, до обнаружения мутации в гене изоцитратдегидрогеназы 1 (IDH1), точное разделение этих подтипов было затруднительным [5].

Классификация глиом по ВОЗ, последнее обновление которой было произведено в 2016 году, основывается на гистопатологических критериях и степени злокачественности опухоли [6].

В этой классификации представлены четыре ключевых типа глиобластомы: Глиобластома с IDH дикого типа, которая составляет 90 % всех случаев и чаще всего развивается у лиц в возрасте около 60 лет; Глиобластома с IDH-мутацией, занимает около 10 % случаев и чаще встречается у молодых пациентов с глиомами более высокого уровня дифференциации, существенно отличаясь лучшим прогнозом выживания; Глиобластома без дополнительных уточнений (БДУ; NOS) — случаи, в которых статус мутации IDH не может быть определен из-за отсутствия необходимого материала для гистологического или молекулярного анализа; Глиобластома, не укладывающаяся в другие категории (NEC) — это новая категория, введенная в последние годы. Она включает в себя опухоли, которые не соответствуют ни одному из вышеуказанных типов, даже после проведения всех необходимых тестов. Стоит подчеркнуть, что обновленная классификация 2016 года учитывает не только гистологические параметры опухоли, но и ее молекулярные характеристики, что делает диагностику и прогнозирование более точными [7].

Новые стандарты и терминология, утверждённые Всемирной организацией здравоохранения в 2021 году, акцентируют внимание на значимости молекулярной генетики для диагностики глиобластом [8]. Теперь опухоли с мутацией IDH, которые раньше классифицировались разнообразно, признаются единым типом IDH-мутантной астроцитомы II, III или IV стадии. Более того, классификация таких астроцитарных опухолей больше не ограничивается только гистологией. Она также основывается на присутствии гомозиготной делеционной мутации в генах CDKN2A/B, что автоматически относит данную опухоль к IV стадии по критериям ВОЗ, даже если отсутствует микроваскулярная пролиферация или некроз [9].

В классификацию включены также мутации в промоторе TERT и амплификации гена EGFR, что соответствует критериям диагностики глиобластомы с диким типом IDH.

Система оценки степени злокачественности, или «Grade», варьирует от I до IV и обозначается римскими цифрами 10 В опухолях с Grade I отсутствуют признаки

агрессивного роста. Опухоли с Grade II обычно обнаруживают один злокачественный признак, как правило, клеточную атипию. Опухоли с Grade III имеют два из четырех признаков, исключая некроз. Опухоли с Grade IV характеризуются наличием всех упомянутых выше признаков, включая обязательный некроз [10].

С точки зрения молекулярной характеристики, первичные глиобластомы обычно имеют ряд специфических особенностей. Например, они могут характеризоваться амплификацией гена в 40 % случаев и/или его избыточной экспрессией в 60 % случаев, мутацией в гене PTEN (фосфатаза и тензин гомолог) в 30 % случаев, делецией гена p16INK4a, который регулирует клеточный цикл, в 30–40 % случаев, и амплификацией и/или избыточной экспрессией гена MDM2, ингибитора белка P53, в различных процентных соотношениях. Таким образом, эти молекулярные маркеры также служат важными параметрами для диагностики и прогнозирования [11].

Вторичные глиобластомы возникают как прогрессирующее уже существующих глиальных опухолей низкого или среднего уровня злокачественности, таких как астроцитомы II или III степени. Пациенты, сталкивающиеся с этим типом опухолей, обычно младше — средний возраст около 40 лет. Эти опухоли имеют свои уникальные молекулярные особенности: мутации в белке P53 обнаруживаются в 60 % случаев, а статус MGMT (O-6-Methylguanine-DNA Methyltransferase) чаще встречается при вторичных глиобластомах — в 90 % случаев. Кроме того, секвенирование генов показывает, что мутации IDH1 и IDH2 присутствуют в 5 % случаев при первичных глиобластомах и в 60–90 % случаев при вторичных [12].

Ген MGMT, кодирующий фермент Об-метилгуанин-ДНК-метилтрансферазу, играет ключевую роль в репарации ДНК [13]. Метилирование промотора этого гена является положительным прогностическим фактором и может усиливать эффективность химиотерапии темозоломидом. Статус метилирования MGMT может быть определен с помощью ПЦР, специфичной для метилирования, что позволяет выбирать наиболее эффективную стратегию лечения.

В целом, мутация IDH и метилирование промотора MGMT служат надежными прогностическими биомаркерами в случае диффузных глиом различных стадий. Эти молекулярные маркеры предоставляют ценную информацию для выбора стратегий лечения и прогнозирования исхода заболевания [14].

Самые эффективные результаты в лечении этого типа опухолей достигаются через комбинацию полной хирургической резекции, последующей лучевой и химиотерапии. В отсутствие лечения ожидаемая продолжительность жизни после диагностики не превышает трех месяцев [15].

Процесс планирования лучевой терапии включает в себя слияние данных послеоперационной МРТ (с последовательностями T1CE и T2-FLAIR) с топометрической КТ. Это позволяет точно определить области T2-FLAIR аномалии и остаточной опухолевой ткани. Несмотря на наличие установленных принципов планирования, как RTOG (25) и EORTC (26), наблюдаются различия в подходах различных врачей. Однако использование послеоперационной МРТ для определения целевых областей и рисков зон является неотъемлемым этапом.

Подготовка плана для лучевой терапии один из ключевых этапов в лечебном процессе. Макроскопический целевой объем, или Gross Target Volume (GTV), определяется как область с повышенным сигналом на МРТ в режиме T2-взвешенных изображений или на FLAIR, а также как соответствующая гиподенсная область на КТ. После хирургического лечения GTV должен включать в себя как послеоперационную полость, так и любую остаточную опухоль, если таковая присутствует.

Клинический целевой объем (Clinical Target Volume, CTV) рассматривается как расширение GTV с учетом вероятного микроскопического распространения опухоли. Для глиом низкой степени злокачественности CTV равен GTV плюс 1,0–1,5 см, а для глиом высокой степени — GTV плюс 2–3 см. Расширение CTV на противоположную полусферу мозга происходит только если опухоль, видимая на T2-взвешенной МРТ, пересекает срединные структуры мозга [16].

Планирование объема облучения (Planning Target Volume, PTV) определяется исходя из конкретных параметров лечения и методологии (толщина срезов в КТ, методы иммобилизации и так далее). Обычно к CTV добавляется 0,5–0,7 см. Ключевая задача при планировании объема — обеспечение такого распределения доз, чтобы PTV был охвачен высокой и равномерной дозой. Геометрия терапевтической изодозы должна точно повторять контуры PTV. Следует учесть, что конформная лучевая терапия не включает использование узких, малых полей облучения и требует точного совпадения дозы с контурами PTV. Рентгеновская визуализация проводится с частотой 1–2 сеанса облучения, что позволяет корректировать возможные ошибки в позиционировании пациента [17].

В настоящее время стандартом в лучевой терапии после хирургического вмешательства считается классическое фракционирование с разовой очаговой дозой (РОД) в диапазоне 1,8–2,0 Грей. Общий курс включает 33–30 фракций и сочетается с химиотерапией. Различные международные исследования показывают схожесть результатов при использовании как низких (45 и 50,4 Гр), так и высоких (60,4 и 64,8 Гр) доз облучения. Лучевая терапия обычно комбинируется с темозоломидом по стандартному протоколу.

Темозоломид, пероральный алкилирующий агент, был впервые отмечен как противоопухолевый препарат в 1987 году [18]. С 2005 года, когда FDA подтвердило его эффективность, он стал ключевым элементом в лечении глиобластомы. Препарат может проникать через гематоэнцефалический барьер и воздействовать на опухоли через метилирование ДНК. Этот процесс приводит к нарушениям в клеточной репликации и последующему апоптозу [19].

Для пожилых пациентов с глиобластомой комбинация темозоломида с краткосрочной лучевой терапией показала лучшие результаты по выживаемости, чем монотерапия [20].

Для определения оптимальных суммарных доз облучения (в диапазоне от 45 до 60 Грей) проводились рандомизированные исследования, такие как BTSG 66–01, BTSG 69–01 и BTSG 72–01 [21]. В результате, суммарная очаговая доза (СОД) в 60 Грей стала стандартной методикой и отправной точкой для последующих исследований. Исследование от Medical Research Council подтвердило, что увеличение дозы с 45 до 60 Грей приводит к улучшению медианы выживаемости с 9 до 12 месяцев. Попытки Мичиганского университета по эскалации дозы до 70–90 Грей не дали ожидаемого результата в увеличении продолжительности жизни пациентов [22].

#### Дизайн исследования

На базе отделения радиотерапии НМИЦ онкологии Н.Н. Блохина проведен анализ 180 пациентов с диагнозом Глиобластома G 4, различной локализации, которым в период 2013 г по 2022 г было проведено комплексное лечение, включающее в себя хирургическое лечение R 0,R 1, также включались пациенты с зафиксированным продолженным ростом после проведенного хирургического лечения.

В зависимости от возраста пациента, состояния (ECOG), RPA класса, сопутствующей патологии пациенты распределялись в протоколы химиолучевой терапии:

РОД 2 Гр, СОД 60 ГР + Темозоламид 75 мг/м<sup>2</sup> р.о в дни ЛТ;  
РОД 3 Гр, СОД 45 ГР (55 и Гр) + Темозоламид 75 мг/м<sup>2</sup> р.о в дни ЛТ.

Всем пациентам до начала лечения проводилось МРТ ГМ с контрастированием для оценки эффекта проведенного хирургического лечения, выявления остаточной опухоли и зоны послеоперационного отека. С 2016 г появилась опция определения мутации BRAF, IDH1, IDH2, Метилирование гена MGMT, делеция 1q и 19 q. С 2019 г данная опция стада рутинной.

По результатам проведенного лечения оценивалось общая выживаемость, выживаемость без прогресси-

рования, общее состояние, нейрокогнитивный статус, а также проводилась оценка общей выживаемости и выживаемость без прогрессирования у пациентов с наличием мутаций BRAF, IDH1, IDH2, Метилирование гена MGMT, делеция 1q и 19 q.

82 пациента были включены в протокол облучения 3/45, медиана возраста пациентов в этом протоколе составила 63 года (от 25 до 77 лет), в протокол 2/60 включено 93 пациента, медиана возраста составила 55 лет (от 24 до 83 лет).

Значимая сопутствующая патология отмечалась у 39 пациентов (что составило 48 %) в протоколе облучения 3/45, и у 39 пациентов (что составило 42 %) в протоколе облучения 2\60.

После проведенного хирургического лечения, по данным контрольной МРТ ГМ с контрастом, при включении в протокол 3/45: зарегистрировано без прогрессирования процесса — 27 пациентов (33 %), остаточная опухоль обнаружена у 34 пациентов (41 %), прогрессирование процесса у 22 пациентов (26 %); в протоколе 2/60 зарегистрировано без прогрессирования процесса 41 пациент (44 %), остаточная опухоль обнаружена у 41 пациента (44 %), прогрессирование процесса у 11 пациентов (12 %).

По иммуногистохимическим характеристикам, которые были оценены не у всех больных, ввиду сроков введения данных исследований в клиническую практику, BRAF мутация выявлена у 1 из 77 пациентов в протоколе 3/45, и не была выявлена ни у одного пациента в протоколе облучения 2\60; IDH1 мутация выявлена у 5 из 77 (7 %) пациентов в протоколе 3/45, в группе облучения 2/60 у 7 из 51 (14 %) пациентов. Делеция 1q и 19 q была выявлена только у 2 пациентов в группе протокола 3/45, и у 1 пациента из протокола 2\60. IDH2 мутация выявлена у 2 (3 %) пациентов в группе облучения 3/45, и у 1 пациента в группе облучения 2/60 (2 %).

Метилирование гена MGMT выявлено у 29 из 77 пациентов в группе облучения 3/45, что составило 38 %, а в группе облучения 2/60 у 32 из 60 пациентов, что составило 53 %.

Таким образом в протоколе облучения 2/60 были изначально включены более сохранные пациенты, с благоприятным прогностическим потенциалом.

Общая выживаемость оценивалась с учетом результата проведенного хирургического лечения для обеих исследуемых групп (рис. 2), наилучший результат достигнут у пациентов без прогрессирования процесса на момент начала этапа химиолучевой терапии, что составило 36 месяцев. У пациентов с остаточной опухолевой

**Клинический статус на момент начала лучевой терапии**

|  | облучение 3/45<br>(N=82) | облучение 2/60<br>(N=93) | p        |
|--|--------------------------|--------------------------|----------|
| Возраст, медиана диапазон                | 63 (25-77)               | 55 (24-83)               | <<0,0001 |
| Пол (М/Ж)                                | 43/40 (52%/48%)          | 41/52 (44%/56%)          | 0,31     |
| Наличие значимой сопутствующей патологии | 39 (48%)                 | 39 (42%)                 | 0,41     |
| Клинический статус после операции        |                          |                          |          |
| без прогрессии                           | 27 (33%)                 | 41 (44%)                 | 0,037    |
| остаточная опухоль                       | 34 (41%)                 | 41 (44%)                 |          |
| прогрессия                               | 22 (26%)                 | 11 (12%)                 |          |
| ECOG статус (3-4) на момент начала ЛТ    | 1 (1%)                   | 4(4%)                    | 0,21     |
| Локализация                              |                          |                          |          |
| лобная                                   | 28 (34%)                 | 28 (30%)                 | 0,83     |
| теменная                                 | 17 (20%)                 | 21 (23%)                 |          |
| затылочная                               | 3 (4%)                   | 3 (3%)                   |          |
| височная                                 | 27 (33%)                 | 27 (29%)                 |          |
| сочетанное                               | 8 (10%)                  | 14 (15%)                 |          |
| BRAF                                     | 1/77 (1%)                | 0/50                     | 0,42     |
| IDH1                                     | 5/77 (7%)                | 7/51 (14%)               | 0,29     |
| делеция 1q и 19 q                        | 2/12 (16%)               | 1/9 (11%)                | 0,61     |
| IDH2                                     | 2/76 (3%)                | 1/51 (2%)                | 0,69     |
| Метилирование гена MGMT                  | 29/77 (38%)              | 32/60 (53%)              | 0,067    |

На момент начала ЛТ в прогрессии на протоколе "3/45" - 26% пациентов, на протоколе "2/60" -11% пациентов

На момент начала ЛТ старше 60 на протоколе "3/45" - 72% пациентов, на протоколе "2/60" -23% пациентов

Рис. 1. Клинический статус на момент начала лучевой терапии

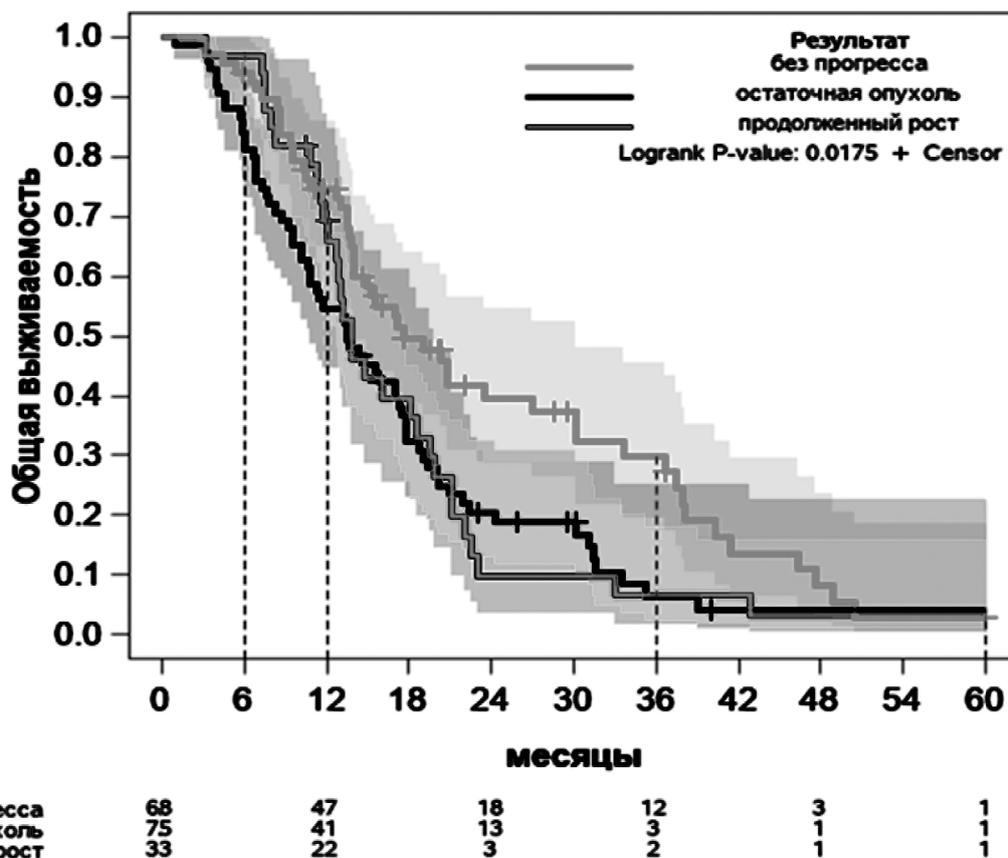


Рис. 2. Оценка общей выживаемости в зависимости от результата хирургического лечения

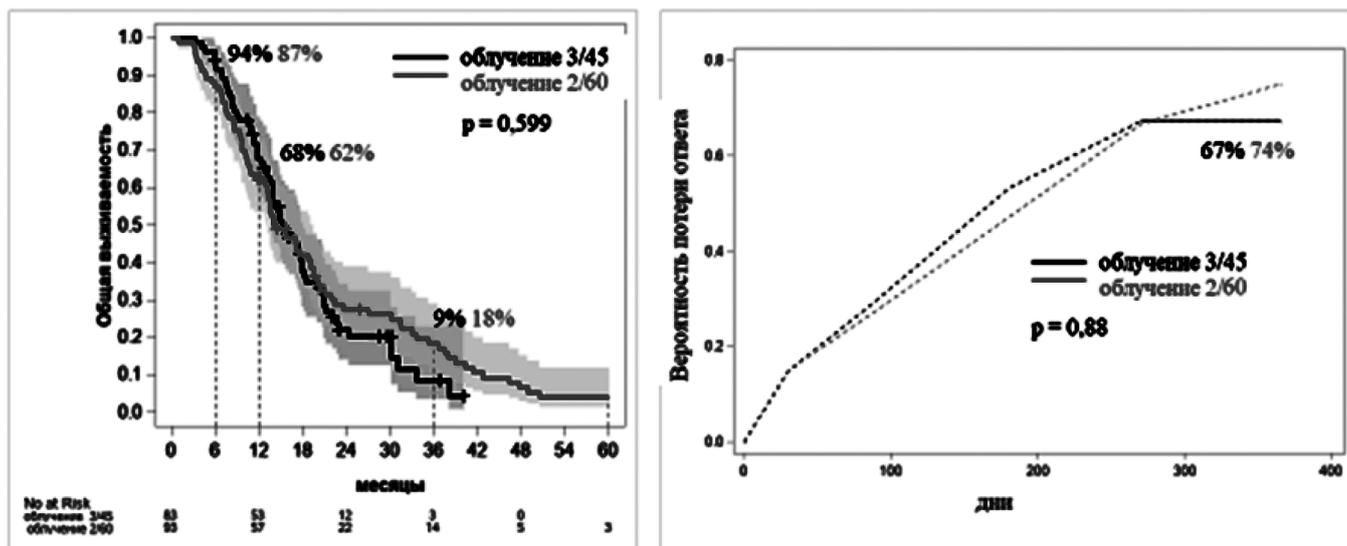
тканью на момент начала этапа химиолучевой терапии, общая выживаемость не превышала 12 месяцев, для пациентов с зарегистрированным продолженным ростом, общая выживаемость составила 6 и менее месяцев.

В процессе анализа статистических данных (рис. 3), не обнаружено статистически достоверных отличий

в вероятности прогрессии в зависимости от протокола терапии ( $p=0,88$ ), вероятность прогрессии к 12 месяцам составляет 67 % на протоколе "3/45" и 74% на протоколе "2/60".

При оценке общей выживаемости не обнаружено достоверных различий общей выживаемости, с коррек-

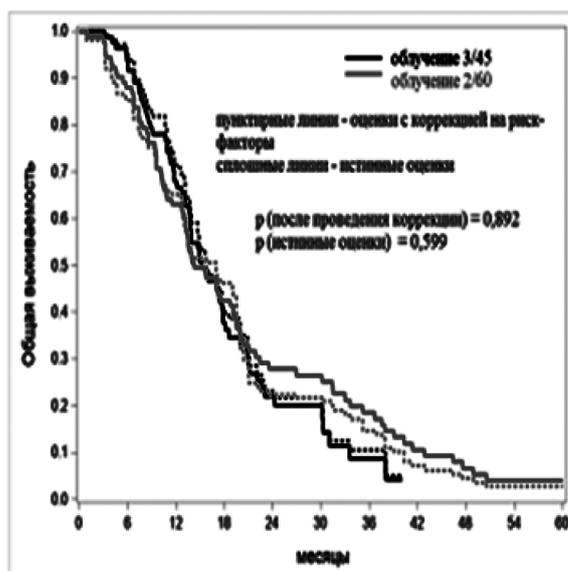
**Общая выживаемость и вероятность потери ответа ( ответ - остаточная опухоль или без прогресса) в зависимости от протокола ЛТ**



**Не смотря на несбалансированность по факторам риска мы не увидели существенных различий общей выживаемости и вероятности потери ответа в зависимости от протокола терапии**

Рис. 3. Оценка общей выживаемости и вероятности потери ответа в зависимости от протокола лучевой терапии

**Общая выживаемость с коррекцией на несбалансированность по основным риск-факторам (возраст, статус заболевания на момент начала ЛТ)**



**Статистически достоверных различий ОВ после коррекции на основные риск-факторы не обнаружено**

Рис. 4. Оценка общей выживаемости с коррекцией на несбалансированность по риск-факторам

**Изменения соматического статуса за первые 6 месяцев от начала терапии и осложнения в процессе проведения терапии**

|                                 | облучение 3/45<br>(N=82) | облучение 2/60<br>(N=93) | p      |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| Возникновение парезов           | 9 (11%)                  | 6 (6%)                   | 0,29   |
| Снижение памяти                 | 19 (23%)                 | 26 (28%)                 | 0,49   |
| Усиление головной боли          | 18 (22%)                 | 29 (33%)                 | 0,17   |
| Ухудшение внимания              | 22 (27%)                 | 30 (32%)                 | 0,43   |
| Усиление степени головокружения | 16 (20%)                 | 19 (20%)                 | 0,88   |
| Снижение остроты зрения         | 20 (24%)                 | 28 (30%)                 | 0,4    |
| Ухудшение ECOG статуса          | 12 (15%)                 | 23 (25%)                 | 0,1    |
| Тромбоцитопения                 | 9 (11%)                  | 26 (28%)                 | 0,0045 |
| Анемия                          | 4 (5%)                   | 2 (2%)                   | 0,32   |
| Лейкопения                      | 5 (6%)                   | 8 (9%)                   | 0,53   |
| Тромбоцитопения из 2 столбика   | 11 (13%)                 | 14 (15%)                 | 0,76   |
| Нейтропения                     | 6 (7%)                   | 10 (11%)                 | 0,43   |
| Тошнота                         | 14 (17%)                 | 18 (19%)                 | 0,7    |
| Рвота                           | 9 (11%)                  | 12 (13%)                 | 0,7    |
| Лихорадка                       | 2 (2%)                   | 3 (3%)                   | 0,76   |
| Потеря веса                     | 5 (6%)                   | 3 (3%)                   | 0,36   |

Не смотря на отсутствие статистической значимости мы наблюдаем некоторую тенденцию к увеличению частот ухудшения соматического статуса по большинству показателей на протоколе "2/60".

Рис. 5. Изменение соматического статуса пациента в первые 6 месяцев от начала лучевой терапии

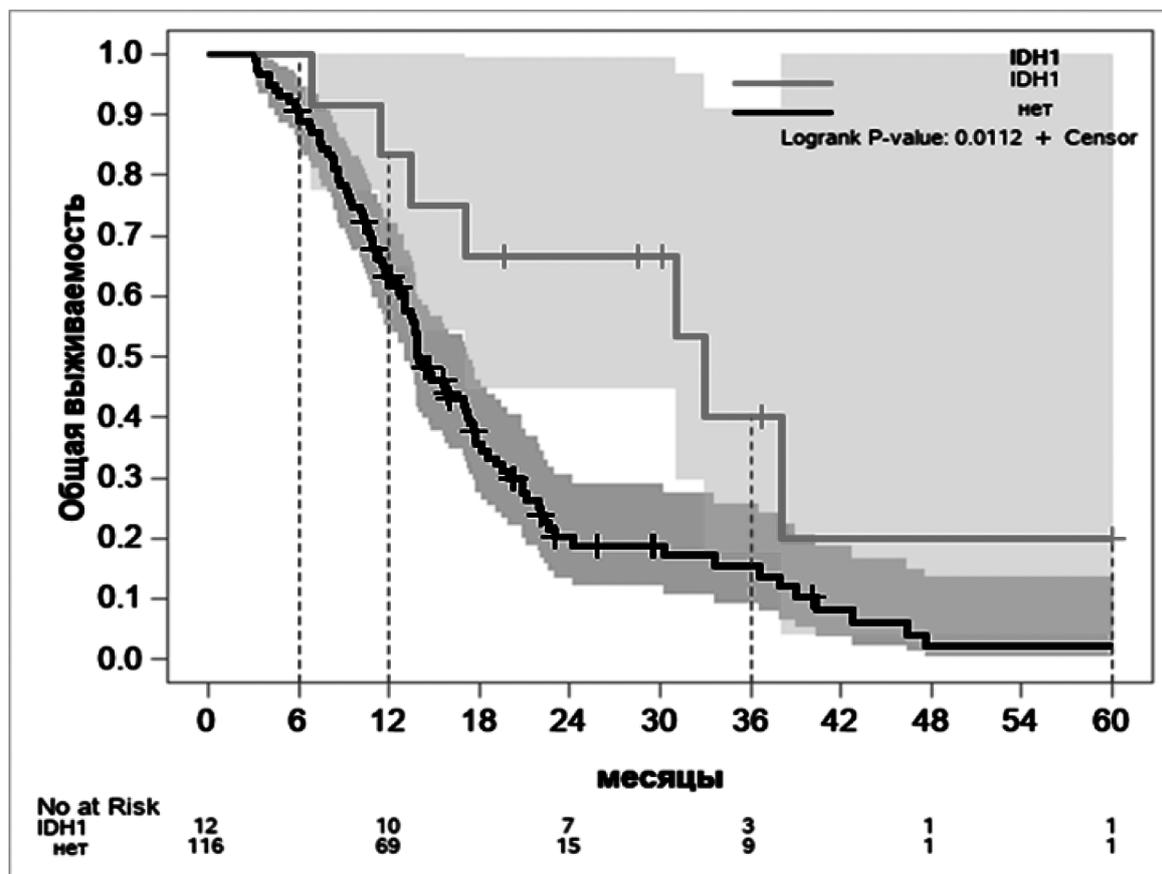


Рис. 6. Общая выживаемость в зависимости от генетических мутаций — IDH1 мутация

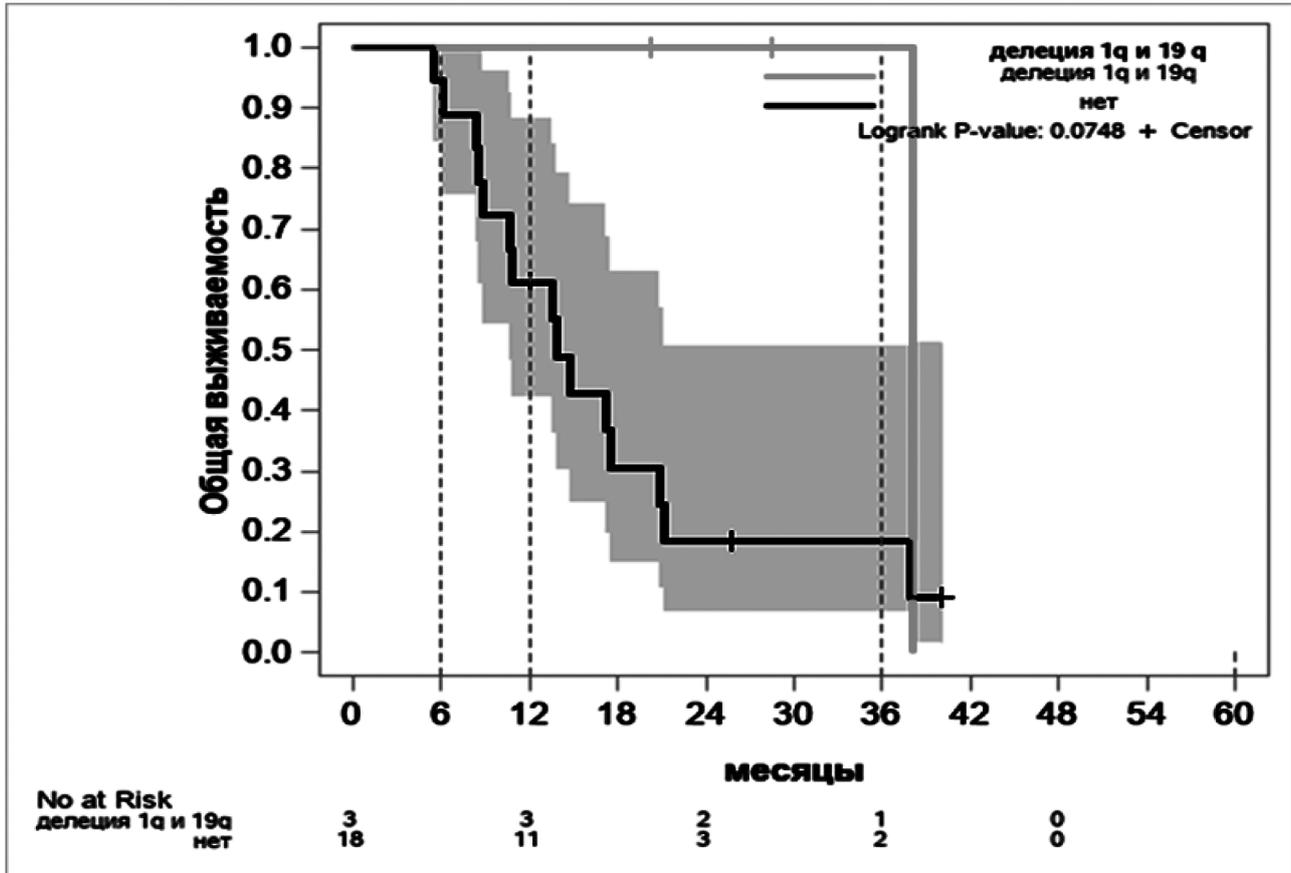


Рис. 7. Общая выживаемость в зависимости от генетических мутаций — делецией 1q и 19q

цией на несбалансированность по основным риск факторам (возраст пациента, статус заболевания на момент начала лучевой терапии, сопутствующая патология, соматический статус пациента). (рис. 4)

Стоит отметить, что на протоколе “3/45” пациенты старше (медиана возраста 63 года), чем на протоколе “2/60” (медиана возраста 55 лет), среди пациентов на протоколе “3/45” выше доля пациентов с прогрессией после проведения операции (26 %) по сравнению с протоколом “2/60” (12 %). Но даже не смотря на разбалансировку по факторам риска, мы не увидели существенных различий общей выживаемости и вероятности прогрессии между двумя терапевтическими протоколами.

Далее мы оценили изменение клинического статуса по ECOG. Из-за серьезной временной селекции (летальность в течение первого года) нам не удалось проанализировать индивидуальные динамики и усреднённые временные зависимости изменения статуса по ECOG. (рис. 5).

По результатам проведенного анализа по всем заданным параметрам (снижение памяти, усиление головной боли, снижение внимания, усиление степени головокружения, снижение остроты зрения, снижение ECOG статуса, гематологические осложнения, (в том числе глубокая

тромбоцитопения, нейтропения 3 ст, лихорадка), а также гастроинтестинальная токсичность, потеря веса) были более выражены в группе протокола 2/60, что достоверно подтверждает меньшую токсичность в группе облучения пациентов на протоколе 3/45.

Единственным показателем, уступающим по результатам оценки изменения соматического статуса пациентов в протоколе 3/45 — отмечено более частое возникновение парезов у 9 пациентов (11 %) против 6 (6 %) в группе протокола облучения 2/60, однако данная симптоматика сопровождала прогрессирование болезни, и оценивалась в общей выживаемости.

Отмечена существенная разница в общей выживаемости в зависимости от наличия генетических мутаций, вне зависимости от результата хирургического лечения, соматического статуса пациента и протокола лучевой терапии. (рис. 6). При наличии IDH1 мутации общая выживаемость составила 36 месяцев. У больных с выявленной Делецией 1q и 19q общая выживаемость составила от 22 до 36 месяцев. (рис. 7).

#### Выводы

— Проведение курса ХЛТ у пациентов по поводу глиобластомы Gr IV в режиме гипофракционирования (3/45) достоверно не ухудшает показатели об-

- щей и безрецидивной выживаемости в сравнении с курсом стандартного фракционирования (2/60).
- Проведение курса ХЛТ у пациентов по поводу глиобластомы Gr IV в режиме гипофракционирования ассоциировано с меньшим профилем токсичности.
  - Режим гипофракционирования более оптимален для пациентов старшей возрастной группы (возраст более 60 лет, статус ECOG  $\geq$  2, выраженные сопутствующие заболевания, неврологические осложнения после проведенного хирургического лечения).

- В совокупности экономия времени и сниженный профиль токсичности потенциально повышают уровень качества жизни пациентов
- Повышение койко-оборота отделения.
- Для пациентов с мутациями вопрос о режиме фракционирования до конца не решен, но можно предположить, что эта группа пациентов имеет лучший прогноз и возможно для них нецелесообразно проводить гипофракционный курс.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Koshy, M.; Villano, J.L.; Dolecek, T.A.; Howard, A.; Mahmood, U.; Chmura, S.J.; Weichselbaum, R.R.; McCarthy, B.J. Improved survival time trends for glioblastoma using the SEER 17 population-based registries. *J. Neurooncol.* 2012, 107, 207–212.
2. Peiffer, J, and P Kleihues. «Hans-Joachim Scherer (1906–1945), pioneer in glioma research». *Brain pathology (Zurich, Switzerland)* vol. 9,2 (1999): 241–5. doi:10.1111/j.1750-3639.1999.tb00222
3. *Brain pathology (Zurich, Switzerland)* vol. 6,3 (1996): 217–23; discussion 23–4. doi:10.1111/j.1750-3639.1996.tb00848.x
4. Watanabe, K et al. Overexpression of the EGF receptor and p53 mutations are mutually exclusive in the evolution of primary and secondary glioblastomas *Brain pathology (Zurich, Switzerland)* vol. 6,3 (1996): 250–253; discussion 23–4. doi:10.1111/j.1750-3639.1996.tb00848.x
5. Fujisawa H, Reis RM, Nakamura M, Colella S, Yonekawa Y, Kleihues P, et al Loss of heterozygosity on chromosome 10 is more extensive in primary (de novo) than in secondary glioblastomas. *Lab Invest* 2000;80:65–72.
6. D.N.; Perry, A.; Reifenberger, G.; von Deimling, A.; Figarella-Branger, D.; Cavenee, W.K.; Ohgaki, H.; Wiestler, O.D.; Kleihues, P.; Ellison, D.W. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: A summary. *Acta Neuropathol.* 2016, 131, 803–820.
7. Louis, D.N.; Perry, A.; Reifenberger, G.; von Deimling, A.; Figarella-Branger, D.; Cavenee, W.K.; Ohgaki, H.; Wiestler, O.D.; Kleihues, P.; Ellison, D.W. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: A summary. *Acta Neuropathol.* 2016, 131, 803–820
8. Louis, David N et al. «The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary». *Neuro-oncology* vol. 23,8 (2021): 1231–1251. doi:10.1093/neuonc/noab106
9. Johnson DR, Fogh SE, Giannini C, Kaufmann TJ, Raghunathan A, Theodosopoulos PV, Clarke JL. Case-based review: Newly diagnosed glioblastoma. *Neuro-Oncology Practice.* 2015;2:106–121. doi: 10.1093/nop/npv020.
10. Perry, Arie, and Pieter Wesseling. «Histologic classification of gliomas». *Handbook of clinical neurology* vol. 134 (2016): 71-95. doi:10.1016/B978-0-12-802997-8.00005-0.
11. Brito, C.; Azevedo, A.; Esteves, S.; Marques, A.R.; Martins, C.; Costa, I.; Mafra, M.; Bravo Marques, J.M.; Roque, L.; Pojo, M. Clinical insights gained by refining the 2016 WHO classification of diffuse gliomas with: EGFR amplification, TERT mutations, PTEN deletion and MGMT methylation. *BMC Cancer* 2019, 19, 968
12. Cai J, Yang P, Zhang C, Zhang W, Liu Y, Bao Z, Liu X, Du W, Wang H, Jiang T, Jiang C. ATRX mRNA expression combined with IDH1/2 mutational status and Ki-67 expression refines the molecular classification of astrocytic tumors: evidence from the whole transcriptome sequencing of 169 samples. *Oncotarget.* 2014;5:2551–2561.
13. Hegi, M.E.; Diserens, A.-C.; Gorlia, T.; Hamou, M.-F.; de Tribolet, N.; Weller, M.; Kros, J.M.; Hainfellner, J.A.; Mason, W.; Mariani, L.; et al. MGMT Gene Silencing and Benefit from Temozolomide in Glioblastoma. *N. Engl. J. Med.* 2005, 352, 997–1003.
14. Brito, C.; Azevedo, A.; Esteves, S.; Marques, A.R.; Martins, C.; Costa, I.; Mafra, M.; Bravo Marques, J.M.; Roque, L.; Pojo, M. Clinical insights gained by refining the 2016 WHO classification of diffuse gliomas with: EGFR amplification, TERT mutations, PTEN deletion and MGMT methylation. *BMC Cancer* 2019, 19, 968
15. Fernandes C., Costa A., Osorio L., Costa Lago R., Linhares P., Carvalho B., Caeiro C. Chapter 11 Current Standards of Care in Glioblastoma Therapy. *Codon Publications; Brisbane, Australia: 2017.*
16. Target Volume Delineation for Conformal and Intensity-Modulated Radiation Therapy by Nancy Y. Lee 2020,20,96
17. Target Volume Delineation for Conformal and Intensity-Modulated Radiation Therapy by Nancy Y. Lee 2020,20,115 17
18. Stevens MF, Hickman JA, Langdon SP, et al.: Antitumor activity and pharmacokinetics in mice of 8-carbamoyl-3-methyl-imidazo[5,1-d]-1,2,3,5-tetrazin-4(3H)-one (CCRG 81045; M & B 39831), a novel drug with potential as an alternative to dacarbazine. *Cancer Res* 47: 5846–5852, 1987
19. Schreck, Karisa C, and Stuart A Grossman. «Role of Temozolomide in the Treatment of Cancers Involving the Central Nervous System». *Oncology (Williston Park, N.Y.)* vol. 32,11 (2018): 555-60, 569.
20. Perry, James R et al. «Short-Course Radiation plus Temozolomide in Elderly Patients with Glioblastoma». *The New England journal of medicine* vol. 376,11 (2017): 1027-1037. doi:10.1056/NEJMoa1611977
21. Walker MD, Strike TA, Sheline GE. An analysis of dose-effect relationship in the radiotherapy of malignant gliomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1979;5(10):1725–1731
22. Ohgaki H, Dessen P, Jourde B, Horstmann S, Nishikawa T, Di Patre PL, et al. Genetic pathways to glioblastoma: a population-based study. *Cancer Res.* 2004;64:6892–6899.

# КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ДОСТУПА ПРИ ЭНДОВИДЕОХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАДПОЧЕЧНИКОВ

## SAFETY CONCEPTS AND OPTIMAL ACCESS SELECTION IN ENDOVIDEOSURGICAL TREATMENT OF ADRENAL DISEASES

**M. Timerbulatov  
F. Irnazarov  
E. Grishina  
A. Vasiliev  
T. Ziganshin**

*Summary.* This article presents the results of endovideosurgical treatment of benign neoplasms of the adrenal glands with various approaches. The advantages and disadvantages of laparoscopic and retroperitoneoscopic access during adrenalectomy are given. The basic concepts that allow performing endovideosurgical adrenalectomy safely are formulated. The developed concepts proved to be effective in the prevention of intraoperative and postoperative complications in patients with endovideosurgical adrenalectomy and led to the modernization of the technique of surgery and the choice of optimal access. These concepts make it possible to increase the efficiency and safety of various access methods in the endoscopic treatment of adrenal pathologies. The developed concepts require further analysis and evaluation of long-term results.

*Keywords:* laparoscopy, retroperitoneoscopy, adrenal neoplasm, adrenalectomy, retroperitoneoscopic access, retroperitoneal space.

### Введение

**В** современной хирургической практике наблюдается постоянное и устойчивое увеличение количества эндовидеохирургических вмешательств, включая операции, связанные с патологиями надпочечников. Применение таких операций основано на миниинвазив-

**Тимербулатов Махмуд Вилевич**

Доктор медицинских наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Уфа)  
timerm@yandex.ru

**Ирназаров Фагим Ринатович**

Ассистент, аспирант ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Уфа)  
fm.irnazarov@gmail.com

**Гришина Елена Евгеньевна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Уфа)  
alyonagrishina662@mail.ru

**Васильев Алексей Андреевич**

Ассистент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Уфа)  
a.vasilyev558@gmail.com

**Зиганшин Тимур Маратович**

Кандидат медицинских наук,  
заведующий хирургическим отделением №1  
ГБУЗ РБ ГKB №21 (г. Уфа)  
tim.zig2012@yandex.ru

*Аннотация.* В данной статье представлены результаты эндовидеохирургического лечения доброкачественных новообразований надпочечников различными доступами. Приводятся преимущества и недостатки лапароскопического и ретроперитонеоскопического доступа при адrenaлэктомии. Сформулированы основные концепции, позволяющие выполнить эндовидеохирургическую адrenaлэктомию безопасно. Разработанные концепции оказались эффективны в профилактике интраоперационных и послеоперационных осложнений у пациентов при эндовидеохирургической адrenaлэктомии и привели к модернизации техники операции и выбору оптимального доступа. Эти концепции позволяют повысить эффективность и безопасность различных способов доступа при эндоскопическом лечении патологий надпочечников. Разработанные концепции требуют дальнейшего анализа и оценки отдаленных результатов.

*Ключевые слова:* лапароскопия, ретроперитонеоскопия, новообразование надпочечника, адrenaлэктомия, ретроперитонеоскопический доступ, забрюшинное пространство.

ных технологиях и обусловлено их низкой травматичностью и высокой эффективностью. С момента первого сообщения об успешной лапароскопической адrenaлэктомии M. Gardner et al. в 1992 году, эндовидеохирургические методы лечения заболеваний надпочечников получили признание и были достаточно хорошо исследованы и отработаны [1].

Это обусловлено как прогрессивным развитием техники эндовидеохирургии, так и техническими возможностями хирургов, работающих с этим оборудованием. Традиционный открытый доступ не может удовлетворить современным требованиям минимальной травматичности, так как он включает в себя пересечение множества мышц, сосудов и нервов, а также разрез диафрагмы, вскрытие плевральной или брюшной полости и резекцию ребер [2,3].

Кроме того, важным аспектом является развитие представлений о потенциале эндовидеохирургических технологий при проведении адреналэктомий. В ранних исследованиях большинство авторов считали, что операцию можно рассматривать как нецелесообразную при размерах опухоли более 5 см (некоторые ученые устанавливали порог в 8 см), а наличие подозрения на злокачественный процесс являлось абсолютным противопоказанием для эндовидеохирургического лечения [4].

В дальнейшем эти же исследователи отметили возможность проведения мининвазивной операции при размерах опухоли до 12 см, а также в случаях феохромоцитомы и обоснованных подозрений на малигнизацию процесса [5].

Эти операции можно выполнить различными способами, как трансбрюшинным, лапароскопическим или ретроперитонеоскопическим. В современной практике лапароскопическая адреналэктомия рассматривается как предпочтительная процедура в большинстве случаев опухолей надпочечников, при этом уровень осложнений составляет примерно 11 %, а смертность не превышает 1 % [6].

Каждая эндовидеохирургическая операция нацелена на снижение хирургической травматизации путем отказа от традиционных методов, таких как лапаротомия или люмботомия [7–10].

Эндовидеохирургия позволяет объединить преимущества мининвазивной хирургии с доказанными долгосрочными результатами традиционных открытых операций [11–15].

Тем не менее, эндовидеохирургическое удаление надпочечников требует от хирурга определенных навыков и глубокого понимания особенностей данной процедуры с целью снижения риска возможных осложнений.

*Цель исследования:* сформировать основные концепции безопасной эндовидеохирургической адреналэктомии, а также оценить преимущества и результаты эндовидеохирургического лечения доброкачественных новообразований надпочечников различными доступами.

*Материалы и методы:* в хирургическом стационаре ГБУЗ РБ ГКБ №21 с 2015 по 2022 год было прооперировано 96 пациентов, у которых были выявлены новообразования надпочечников. Всем пациентам была выполнена эндовидеохирургическая адреналэктомия с соблюдением предложенных концепций.

Дооперационная диагностика включала анализ гормональной активности опухоли, а также проведение УЗИ и КТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Эти исследования позволяли подтвердить наличие опухоли, определить ее размеры и оценить взаимоотношения с окружающими органами.

Пациенты, страдающие гормональными нарушениями надпочечников, также проходили наблюдение и комплексное обследование у эндокринолога. В процессе хирургического вмешательства осуществлялось непрерывное контролирование частоты пульса и артериального давления. Состояние пациентов в раннем послеоперационном периоде оценивалось по нескольким критериям, включая интенсивность боли, определенную с использованием 10-балльной шкалы ВАШ, потребность в анальгетиках, включая наркотические, наличие осложнений, продолжительность стационарного лечения, а также путем анкетирования пациентов.

Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами.

*Результаты:* из общего числа прооперированных 96 пациентов мужчин было 17 (17,7 %), а женщин — 79 (82,3 %). Средний возраст пациентов составил 48,4 года. При предоперационном обследовании, признаки злокачественности, обнаруженные при компьютерной томографии, были подтверждены у одного пациента. У 20 пациентов выявлены опухоли надпочечника размером более 6 см. Новообразование локализовалось в левом надпочечнике у 43 пациентов (44,7 %), в правом надпочечнике у 53 пациентов (55,3 %).

Как видно из таблицы 1, большинство операций выполнено лапароскопическим доступом.

Необходимо подчеркнуть, что во всех случаях проведения операций мы укладывали больного на бок и использовали боковой доступ, который обеспечивает более удобную экспозицию оперируемых органов, но требует привыкания к расположению органов и введению первого оптического троакара.

Адреналэктомию выполняли по следующим показаниям: аденома надпочечников — 49 случаев, альдостерома — 25 случаев, гормонпродуцирующая феохромоцитома — 12 случаев, а также злокачественная опухоль надпочечников — 4 случая. Более того, многие авторы

рекомендуют проводить адреналэктомию в случае обнаружения инциденталом — гормонально неактивной и клинически не проявляющейся опухоли, в связи с повышенным риском малигнизации, что подтвердилось у 2-х прооперированных пациентов, из 6.

Таблица 1.

Число операций, выполненных с использованием лапароскопического и ретроперитонеоскопического доступа

| Расположение и размеры | Доступы           |                           |
|------------------------|-------------------|---------------------------|
|                        | Количество (n)    |                           |
|                        | Лапароскопический | Ретроперитонеоскопический |
| Правосторонняя         | 47                | 6                         |
| Левосторонняя          | 11                | 32                        |
| размер до 6 см         | 38                | 38                        |
| более 6 см в т.ч.      | 20                | —                         |
| Правосторонняя         | 13                | —                         |
| Левосторонняя          | 7                 | —                         |
| ВСЕГО                  | 58                | 38                        |

Источник: составлено авторами

В среднем продолжительность операции при правосторонней лапароскопической адреналэктомии составила  $52,2 \pm 10,1$  минуты, а при левосторонней —  $58,7 \pm 8,2$  минуты. Кровопотеря составляла от 50 до 75 мл, со средним значением 62,5 мл. При использовании ретроперитонеоскопического доступа среднее время оперативного вмешательства составило  $48,1 \pm 7,7$  минут при левосторонней адреналэктомии и при правосторонней  $55,5 \pm 6,7$  минут. Кровопотеря от 40 до 65 мл, в среднем 52,5 мл.

Интраоперационные осложнения включали повреждение печени ретрактором (лепестковым) в 4-х случаях и повреждение брюшины (при ретроперитонеоскопическом доступе) в 2-х случаях. В одном из случаев повреждение брюшины было герметизировано, и операция продолжена ретроперитонеоскопическим доступом. Во втором случае был выполнен переход на лапароскопический доступ в связи с невозможностью герметизации, выраженной утечкой газа в брюшную полость и, как следствие, резкого уменьшения рабочего пространства. При выполнении правосторонней ретроперитонеоскопической адреналэктомии в одном случае выполнена конверсия из-за кровотечения из центральной вены надпочечника.

Большинство правосторонних адреналэктомий выполнялись лапароскопическим доступом, поскольку правый надпочечник обычно четко виден через брюшину, находится латеральнее нижней полой вены, выделяясь яркой желтой окраской от окружающих тканей

забрюшинного пространства. Идентификация нижней полой вены и прилегающей к ней центральной вены правого надпочечника также не представляет трудностей. Центральную вену при магистральном типе первым этапом клипировали клипатором, а при феохромоцитомах особенно важно первоначально обнаружить надпочечниковую центральную вену и клипировать, чтобы предотвратить интраоперационное повышение артериального давления.

После клипирования центральной вены, основной технической сложностью операции является отведение надпочечника в процессе его диссекции. Диссекцию желательно выполнять с использованием аппарата LigaSure или ультразвукового диссектора. Артериальные сосуды также пересекали с помощью этих инструментов. Макропрепарат эвакуировался в контейнере. Средняя величина удаленного новообразования составляет  $6,2 \pm 4,3$  см. Самая крупная опухоль, которая оказалась злокачественной феохромоцитомой имела размеры около 10,5 см. Для ее удаления потребовался лапаротомный разрез достаточной длины. Для левосторонней адреналэктомии наиболее предпочтительным считаем ретроперитонеоскопический доступ. Лапароскопический доступ используется при левосторонней адреналэктомии в случаях, когда у пациентов ранее была выполнена операция на почке через забрюшинный доступ или при наличии больших новообразований (более 6 см).

В современной практике, продолжительность левосторонней ретроперитонеоскопической адреналэктомии практически не отличается от лапароскопической и во многих случаях даже бывает более короткой. В процессе освоения методики основные трудности возникли при обнаружении надпочечника в забрюшинном пространстве. Основными анатомическими ориентирами использовали поясничную часть диафрагмы, поясничную мышцу и верхний полюс почки, медиальнее которого обычно находится левый надпочечник. Из-за отсутствия необходимости ретракции паренхиматозных органов при использовании ретроперитонеоскопического доступа, в большинстве случаев операции проводились с использованием трех троакаров. Для мобилизации опухоли из окружающих тканей при ретроперитонеоскопическом доступе также рекомендуется использовать современное и высокоэффективное оборудование для рассечения и коагуляции.

У пациентов с ретроперитонеоскопическим доступом отказались от рутинного дренирования забрюшинной клетчатки. После операции наблюдался парез кишечника в 1 случае после проведения лапароскопической адреналэктомии. Других осложнений в послеоперационном периоде не было выявлено ни в одной из групп, а заживление ран проходило первичным натяжением со снятием швов через 10–12 суток после операции.

В раннем послеоперационном периоде пациенты оценивали болевой синдром в среднем на  $4,5 \pm 0,9$  балла по 10-балльной шкале при использовании лапароскопического доступа. При использовании ретроперитонеоскопического доступа отмечали значительно менее выраженный болевой синдром, в среднем на  $2,1 \pm 0,5$  балла и практически не требовалось введение обезболивающих препаратов.

При использовании ретроперитонеоскопического доступа средний койко-день составил —  $4,0 \pm 1,1$  дня, среднее значение времени реабилитации после операции —  $10,0 \pm 2,0$  дня. При традиционном лапароскопическом доступе средний койко-день —  $6,0 \pm 1,2$  дня, среднее значение времени реабилитации после операции составило —  $11,0 \pm 3,0$  дня.

После проведения индивидуальных опросов 18 пациентов, оказалось, что они готовы покинуть стационар и вернуться к своему обычному образу жизни уже через 24 часа после адреналэктомии ретроперитонеоскопическим доступом. Все пациенты были выписаны в удовлетворительном состоянии без каких-либо осложнений.

*Преимуществами лапароскопического доступа являются:*

1. Четкие анатомические ориентиры, привычные для хирурга.
2. Достаточная и хорошая визуализация органов и операционного поля.
3. Возможность выполнения сочетанных операций.
4. Возможность выполнения операций на больших по объему органах, в том числе и мануально-ассистированных операций.

*Преимуществами ретроперитонеоскопического доступа являются:*

1. Анатомическая изоляция от органов брюшной полости — отсутствие возможности их повреждения, отсутствие попадания крови, гноя и прочих жидкостей в брюшную полость и, как следствие, отсутствие развития спаечного процесса.
2. Отсутствие карбоксиперитонеума, с его негативным воздействием на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.
3. Возможность выполнения операций из меньшего количества троакаров, т.к. не нужна ретракция паренхиматозных органов.
4. И как результат вышеизложенных пунктов — в сумме меньшая травматичность.

К недостаткам ретроперитонеоскопического доступа можно отнести более сложную хирургическую технику, сложности в анатомической ориентировке, малый объем рабочей полости, которая формируется только препаровкой и диссекцией тканей. Повреждение брюшины значительно затрудняет дальнейший ход операции.

*Основные концепции обеспечения безопасности при эндовидеохирургической адреналэктомии:*

1. При локализации опухоли справа, показан лапароскопический доступ, а при левосторонней локализации — ретроперитонеоскопический.
2. Если размер опухоли превышает 6 см, то предпочтительным является лапароскопический доступ.
3. Корректное положение пациента на боку с подкладкой под талией и фиксацией верхней конечности в естественно согнутом состоянии к дуге операционного стола.
4. Установка первого троакара максимально безопасно под визуальным контролем с помощью устройства Visiport при лапароскопическом доступе.
5. Для оптимального формирования рабочей полости в забрюшинном пространстве при ретроперитонеоскопической адреналэктомии использовать специальные баллон-диссекторы (space makers), которые позволяют получить оптимальное для работы пространство, с обнажением всех анатомических ориентиров.
6. Увеличение давления в забрюшинном пространстве при ретроперитонеоскопическом доступе до 20 мм рт. ст. облегчает диссекцию, снижает интенсивность венозного кровотечения без негативных последствий.
7. При выполнении диссекции тканей, наиболее прецизионным и оптимальным является использование ультразвукового диссектора и аппарата LigaSure.
8. При лапароскопической левосторонней адреналэктомии осуществлять полноценную и широкую мобилизацию забрюшинного пространства с отведением хвоста поджелудочной железы, селезенки и селезеночного изгиба толстой кишки.
9. Широкая диссекция забрюшинного пространства с визуализацией поясничных мышц и всех анатомических ориентиров при использовании ретроперитонеоскопического доступа.
10. Адекватная мобилизация и визуализация надпочечниковой вены для максимально безопасного клипирования.
11. Работа в области, где отсутствуют крупные кровеносные сосуды и риск их повреждения минимален.
12. Тщательная предоперационная подготовка пациентов с гормонально активными опухолями надпочечника под наблюдением и контролем эндокринолога.
13. При феохромоцитомах критически важным моментом является первоначальное клипирование центральной вены до полной мобилизации надпочечника, с целью предотвращения возможного интраоперационного повышения артериального давления.

14. Эвакуация макропрепарата из брюшной полости в контейнере.
15. Применение принципов «Fast Track» хирургии в дооперационном и раннем послеоперационном периоде.

### Обсуждение

Представленные данные показывают возможность расширения показаний для использования ретроперитонеоскопического доступа при хирургическом лечении доброкачественных новообразований надпочечников. Мнения относительно выбора доступа при эндовидеохирургической адреналэктомии расходятся. Некоторые авторы предпочитают использовать ретроперитонеоскопические доступы при проведении адреналэктомии [6,7]. На сегодняшний день относительным противопоказанием для ретроперитонеоскопической адреналэктомии является размер опухоли, превышающий 6 см [16].

Преимущества ретроперитонеоскопических доступов при адреналэктомии очевидны, поскольку они способствуют уменьшению времени реабилитации, снижению хирургической травматизации, уменьшению болевого синдрома в первые дни после операции, уменьшению частоты осложнений, сокращению продолжительности пребывания в стационаре, экономии затрат на лечение, а также улучшению общего самочувствия и качества жизни пациентов после хирургического вмешательства.

Разработанные концепции оказались полезными при выборе методов и доступов при эндовидеохирургической адреналэктомии и эффективными в профилактике осложнений у пациентов при эндовидеохирургическом лечении заболеваний надпочечников. Для оптимизации эндовидеохирургических адреналэктомий и дальнейшего совершенствования оперативной техники важно продолжать анализировать отдаленные результаты применения данных методик.

### Заключение

Таким образом, в большинстве случаев эндовидеохирургических адреналэктомий лапароскопический доступ остается предпочтительным, так как он более привычен и обладает рядом несомненных преимуществ по сравнению с ретроперитонеоскопическим доступом. Ретроперитонеоскопический доступ, как метод выбора для проведения ряда операций, характеризуется меньшей травматичностью и, с увеличением хирургического опыта, должен становиться более распространенным.

Ретроперитонеоскопический доступ является альтернативой лапароскопическому доступу с более лучшими результатами. Ретроперитонеоскопический доступ является эффективным доступом при эндовидеохирургическом лечении пациентов с опухолями надпочечников и новообразованиями среднего размера, особенно менее 6 см. Операции ретроперитонеоскопическим доступом технически безопасны, и связаны с наименьшей травматизацией, более коротким временем операции, меньшей кровопотерей, снижением продолжительности пребывания в стационаре и ранним выздоровлением, снижает среднее время начала приема пищи и болевой синдром, не задействует брюшную полость, имеет низкий процент осложнений и показан при изолированной патологии, особенно после ранее перенесенных лапаротомий в этой же анатомической области.

Сравнительный анализ показал достоинства использования сформированных концепций при выполнении эндовидеохирургических адреналэктомий. Эти концепции позволяют повысить эффективность и безопасность различных способов доступа при эндоскопическом лечении патологий надпочечников. Разработанные концепции требуют дальнейшего анализа и оценки отдаленных результатов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Gagner M., Lacroix A., Bolte E. Laparoscopic adrenalectomy in Gushing's syndrome and pheochromocytoma (letter) // *N Engl J Med*. 1992. V. 327. N. 14. P. 1033.
2. Майстренко Н.А. и др. Клинико-анатомическое обоснование доступов и техники эндовидеохирургической адреналэктомии // *Вестник хирургии*. 2002. N. 3. С. 21–28.
3. Цуканов Ю.Т., Цуканов А.Ю., Василевич В.В., Матвеев Е.В., Макаров П.А., Будинский А.Н., Калиниченко Д.А. Хирургия в клетчаточных пространствах через малые доступы // *Эндоскопическая хирургия*. 2007. N. 2. С. 37–45.
4. Henry J.F., Denizot A., Puccini M., Kvachenyuk A., Ferrara J.J. Laparoscopic surgery of adrenal glands: indications and limits // *Ann Endocrinol (Paris)*. 1996. V. 57. N. 6. P. 520–525.
5. Henry J.F., Defechereux T., Raffaelli M. et al. Complications of laparoscopic adrenalectomy: results of 169 consecutive procedures // *World J Surg*. 2000. V. 24. N. 11. P. 1342–1346.
6. Madani A., Lee J.A. Surgical approaches to the adrenal gland // *Surg Clin North Am*. 2019. V. 99. N. 4. P. 773–791.
7. Christakis I., Ng C.S., Chen C., Yiin Y.H., Grubbs E.G., Perrier N.D., et al. Operation duration and adrenal gland size, but not BMI are correlated with complication rate for posterior retroperitoneoscopic adrenalectomy for benign diseases // *Surgery*. 2019. V. 165. N. 3. P. 637–643.
8. Mihai R., Donatini G., Vidal O., Brunaud L. Volume-outcome correlation in adrenal surgery — an ESES consensus statement // *Langenbeck Arch Surg*. 2019. V. 404. N. 7. P. 795–806.

9. Kazaure H.S., Sosa J.A. Volume–outcome relationship in adrenal surgery: A review of existing literature // *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2019. V. 33. N. 5. P. 101296.
10. Zonca P., Peterja M., Varra P., Richter V., Ostruszka P. The risk of retroperitoneoscopic adrenalectomy // *Rozhl Chir.* 2017. V. 96. N. 3. P. 130–133.
11. Kostek M., Aygun N., Uludag M. Laparoscopic approach to the adrenal masses: single-center experience of five years // *Sisli Etfal Hastan Tip Bul.* 2020. V. 54. N. 1. P. 52–57.
12. Alesina P.F. Complications of minimally invasive adrenalectomy // *Chirurg.* 2015. V. 86. N. 1. P. 29–32.
13. Lorenz K., Langer P., Niederle B., Alesina P., Holzer K., Nies Ch., et al. Surgical therapy of adrenal tumors: Guidelines from the German Association of Endocrine Surgeons (CAEK) // *Langenbeck Arch Surg.* 2019. V. 404. N. 4. P. 385–401.
14. Rowe S.P., Lugo-Fagundo C., Ahn H., Fishman E.K., Prescott J.D. What the radiologist needs to know: the role of preoperative computed tomography in selection of operative approach for adrenalectomy and review of operative techniques // *Abdom Radiol (NY).* 2019. V. 44. N. 1. P. 140–153.
15. Azoury S.C., Nagarajan N., Young A., Mathur A., Prescott J.D., Fishman E.K., et al. Computed tomography in the management of adrenal tumors: does size still matter? // *J Comput Assist Tomogr.* 2017. V. 41. N. 4. P. 628–632.
16. Vrieling O.M., Engelsman A.F., Hemmer P.H.J., de Vries J., Vorselaars W.M.C.M., Vriens M.R., et al. Multicentre study evaluating the surgical learning curve for posterior retroperitoneoscopic adrenalectomy // *Br J Surg.* 2018. V. 105. N. 5. P. 544–551

---

© Тимербулатов Махмуд Вилевич (timerm@yandex.ru); Ирнazarов Фагим Ринатович (fm.irnazarov@gmail.com);  
Гришина Елена Евгеньевна (alyonagrishina662@mail.ru); Васильев Алексей Андреевич (a.vasilyev558@gmail.com);  
Зиганшин Тимур Маратович (tim.zig2012@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ОСОБЕННОСТИ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТРУЗИОННЫХ ТИПАХ ЗУБНЫХ ДУГ

### FEATURES OF ANGULAR PARAMETERS OF TEETH WITH DIFFERENT TYPES OF DENTAL ARCHES

**T. Shishko**  
**A. Sevastyanov**  
**M. Rozhkova**  
**S. Pavlova**  
**O. Borisova**  
**S. Fischev**  
**A. Shtorina**  
**M. Puzdyreva**

*Summary.* In modern orthodontics, a very important component is the correct diagnosis and rational treatment of malocclusion. Particular disputes among orthodontists are caused by methods of diagnosing cross-occlusion. The difficulty at the stage of diagnosis is associated with the lack of information about the topographic features of the location of the teeth in various intrusive variants of dental arches.

*Keywords:* orthodontics, orthopedics, malocclusion, cross occlusion.

**Шишко Татьяна Владимировна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
tat-sh04@rambler.ru

**Севастьянов Аркадий Владимирович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет» Министерства здравоохранения РФ  
ardy.dkr@mail.ru

**Рожкова Мария Геннадьевна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
rozmaria2010@yandex.ru

**Павлова Светлана Георгиевна**

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
svetap\_75@mail.ru

**Борисова Ольга Дмитриевна**

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
osipovaod@mail.ru

**Фищев Сергей Борисович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет» Министерства здравоохранения РФ  
super.kant@yandex.ru

**Шторина Анастасия Александровна**

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
nastiya78@mail.ru

**Пузырева Маргарита Николаевна**

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
seven-spb@yandex.ru

*Аннотация.* В современной ортодонтии очень важным компонентом является правильная диагностика и рациональное лечение аномалий прикуса. Особые споры у ортодонтов вызывают методы диагностики перекрестной окклюзии. Трудность на этапе диагностики связана с недостаточностью сведений о топографических особенностях расположения зубов при различных трюзионных вариантах зубных дуг.

*Ключевые слова:* ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, перекрестная окклюзия.

**П**ерекрёстная окклюзия занимает лидирующее положение по терминологии и определению клинических форм. В зарубежной литературе данный вид аномалии определяют термином «crossbite» с подразделением на зубо-альвеолярные, гнатические и суставные формы, различающиеся по локализации в переднем и/или боковом сегменте [1, 2].

Использование методик трехмерной визуализации зубочелюстного комплекса в трансверсальном направлении дает возможность более тщательно подойти к изучению вариантов строения зубных дуг в боковом отделе в трансверсальной плоскости [3, 4, 5, 6].

Методам лечения перекрестной окклюзии посвящены труды многих исследователей, опубликованные в отечественных и зарубежных источниках [7, 8].

Недостаточно уделяется внимания исследованиям боковых сегментов зубных дуг в зависимости от строения свода неба в передней проекции.

Предложено немалое количество различных графических методов воспроизведения зубных дуг, в зависимости от размеров зубов и альвеолярного базиса, но практически нет метода диагностики перекрестной окклюзии с применением трехмерной рентгенологической визуализации [9, 10].

Необходим поиск улучшения методик графического построения дуг при трансверсальных аномалиях с учетом особенностей строения зубных дуг в боковом отделе и их углового взаимоотношения с краниофациальным комплексом.

Несомненно, разработка алгоритмов обследования пациентов и проведение дифференциальной диагностики с гнатическими и суставными формами, позволит повысить эффективность лечения пациентов с перекрёстной окклюзией.

### Цель исследования

Повышение эффективности диагностики и ортодонтического лечения пациентов с перекрестной окклюзией при различных трюзионных типах зубных дуг.

### Материалы и методы исследования

Исследование проведено у 79 человек с физиологической окклюзионной нормой. При этом у 31 пациента был мезотрюзионный тип зубных дуг, а протрузионный и ретрузионный тип определялся у 26 и 22 человек, соответственно.

В настоящем исследовании были применены традиционные методы исследования, предложенные в ре-

комендациях по осуществлению лечебных и диагностических мероприятий у пациентов с окклюзионными аномалиями, а также — при оценке формы и размеров зубных дуг с окклюзионной физиологической нормой.

При анализе челюстно-лицевой области проводили морфометрические, фотостатические и рентгенологические методы исследования кранио-фациального комплекса.

Из рентгенологических методов использовали прямые и боковые рентгенограммы, конусно-лучевую компьютерную томографию, рентгенограмму височно-нижнечелюстного сустава, в соответствии с протоколом лечения пациентов с аномалиями окклюзии в трансверсальном направлении.

### Результаты исследования

Отмечено, что при всех вариантах зубных дуг углы вестибулярно-язычного наклона зубов с правой и левой стороны не имели достоверных различий, что позволило обобщить полученные результаты. Величина угла вестибулярно-язычного наклона зубов к окклюзионной плоскости (в градусах) у людей с различными трюзионными вариантами зубных дуг представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Величина угла вестибулярно-язычного наклона зубов к окклюзионной плоскости (в градусах) у людей с различными трюзионными вариантами зубных дуг

| Формула зубов | Величина угла наклона зубов (в градусах) при типе дуг: |                |              |
|---------------|--|----------------|--------------|
|               | протрузионном  | мезотрузионном | ретрузионном |
| 14 и 24       | 92,34±3,16   | 90,23±2,65     | 87,95±2,17   |
| 15 и 25       | 95,57±3,03   | 88,36±2,36     | 85,06±2,87   |
| 16 и 26       | 91,31±2,56   | 84,02±2,61     | 81,49±2,06   |
| 17 и 27       | 83,52±2,45   | 78,64±2,17     | 76,47±2,49   |
| 34 и 44       | 91,76±1,78   | 94,49±3,05     | 99,89±3,01   |
| 35 и 45       | 96,73±2,06   | 101,52±2,87    | 104,32±3,14  |
| 36 и 46       | 100,45±3,18  | 104,96±3,08    | 107,29±3,09  |
| 37 и 47       | 104,51±3,35  | 109,21±2,75    | 111,72±2,08  |

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показал, что величина угла вестибулярно-язычного наклона зубов к окклюзионной плоскости определяется не только трюзионным вариантом зубной дуги, но и позицией расположения зубов в зубной дуге. Особенности наклона зубов в области первых премоляров представлены на рис. 1.

У людей с протрузионными вариантами зубных дуг углы вестибулярно-язычного наклона первых премоляров были достоверно больше, чем у людей с ретрузи-

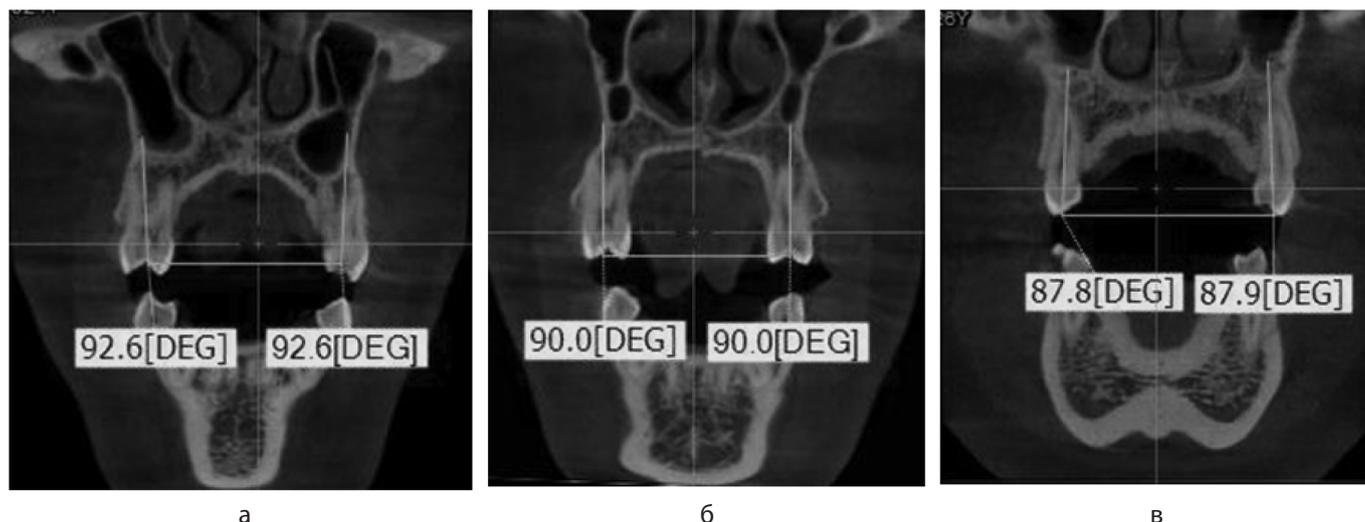


Рис. 1. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области первых верхних премоляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

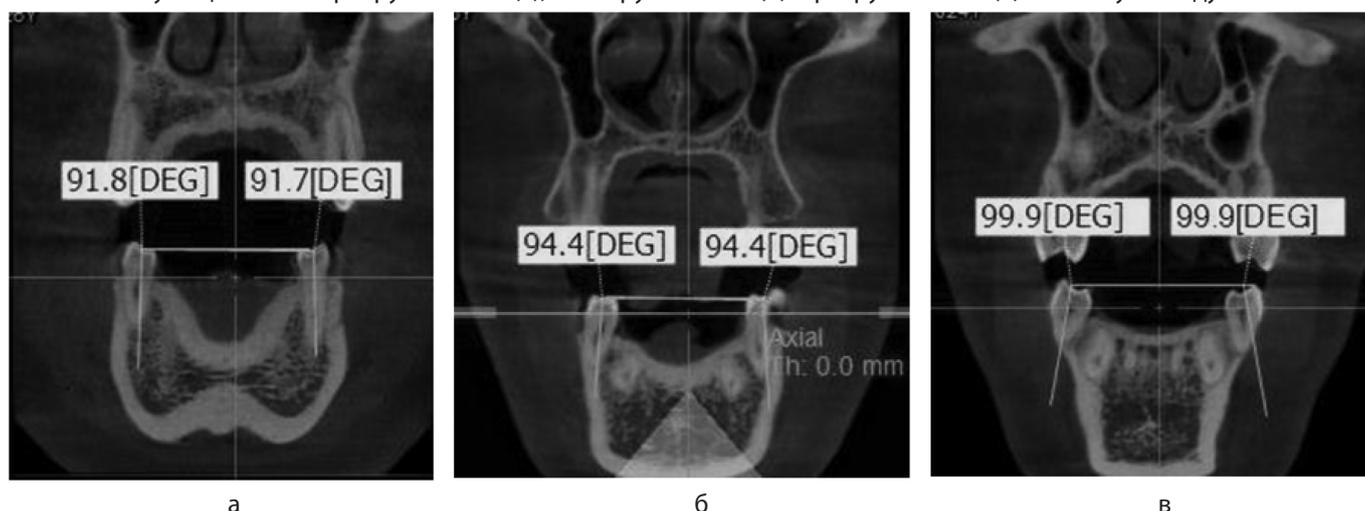


Рис. 2. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области первых премоляров нижней челюсти у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

онными вариантами ( $92,34 \pm 3,16$  и  $87,95 \pm 2,17$ ,  $p < 0,05$ ). При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых премоляров приближались к прямому углу ( $90,23 \pm 2,65$ ) и занимали промежуточное положение между протрузионными и ретрузионными вариантами.

Особенности наклона зубов в области первых премоляров нижней челюсти представлены на рис. 2.

При наличии протрузионных вариантов зубных дуг углы вестибулярно-язычного наклона первых премоляров нижней челюсти были достоверно меньше, чем у людей с ретрузионными вариантами ( $91,76 \pm 1,78$  и  $99,89 \pm 3,01$  градусов,  $p < 0,05$ ). При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых нижних премоляров составляли  $94,49 \pm 3,05$  и занимали промежуточное положение между углами, определяемыми у людей с протрузионными и ретрузионными вариантами.

Особенности наклона зубов в области вторых премоляров представлены на рис. 3.

Вторые верхние премоляры, так же, как и первые, имели особенности наклона к трансверсальной окклюзионной плоскости, при различных вариантах зубных дуг.

У людей с протрузионными вариантами зубных дуг углы вестибулярно-язычного наклона вторых премоляров были достоверно больше, чем у людей с ретрузионными вариантами ( $95,57 \pm 3,03$  и  $85,06 \pm 2,87$ ,  $p < 0,05$ ).

При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых премоляров приближались к прямому углу ( $88,36 \pm 2,36$ ) и занимали промежуточное положение между протрузионными и ретрузионными вариантами.

Особенности наклона зубов в области вторых нижних премоляров представлены на рис. 4.

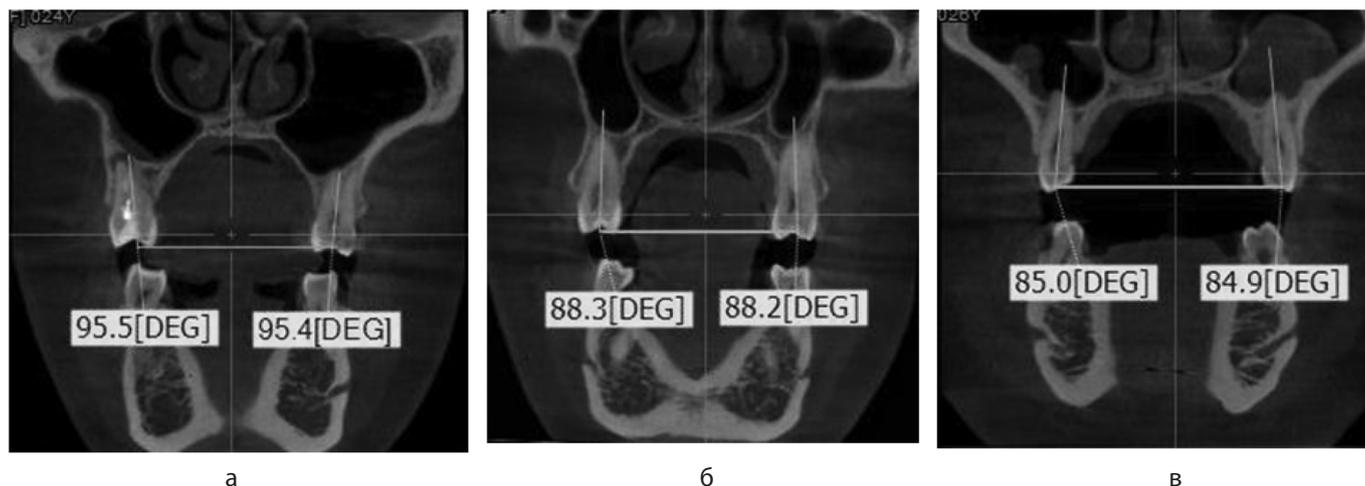


Рис. 3. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области вторых верхних премоляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

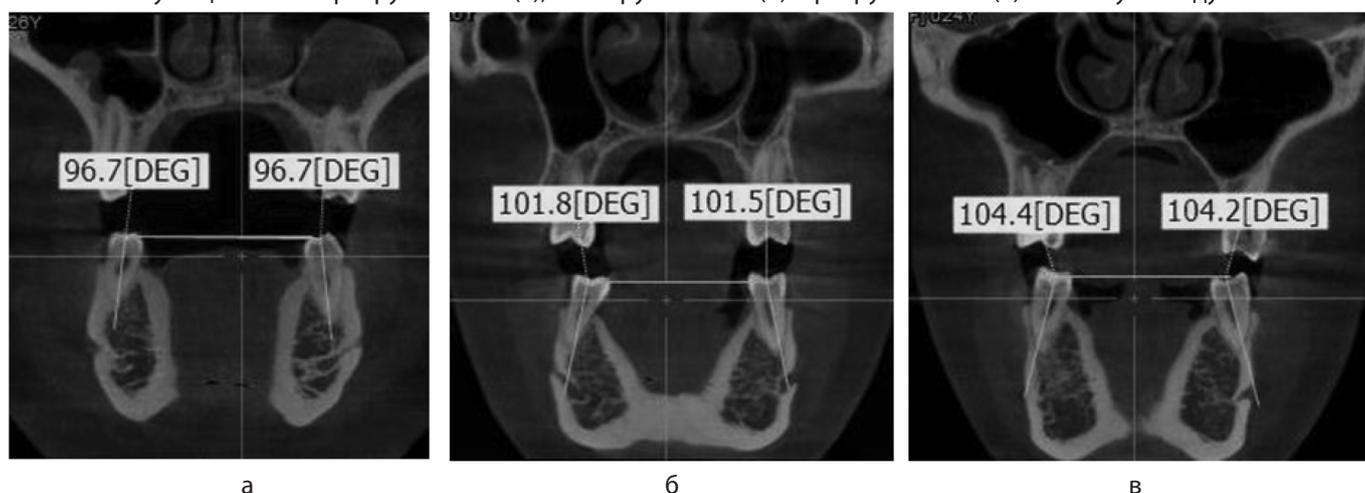


Рис. 4. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области вторых нижних премоляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

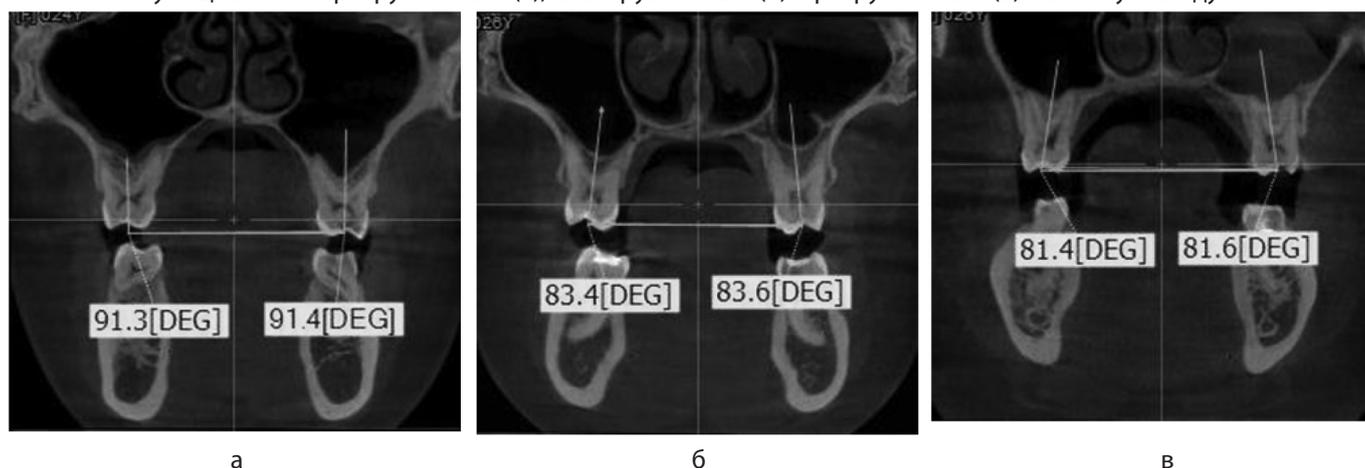


Рис. 5. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области первых верхних моляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

Вторые нижние премоляры, так же как и первые, имели особенности наклона к трансверсальной окклюзионной плоскости, при различных вариантах зубных дуг.

У людей с протрузионными вариантами зубных дуг углы вестибулярно-язычного наклона вторых нижних премоляров были достоверно меньше, чем у людей

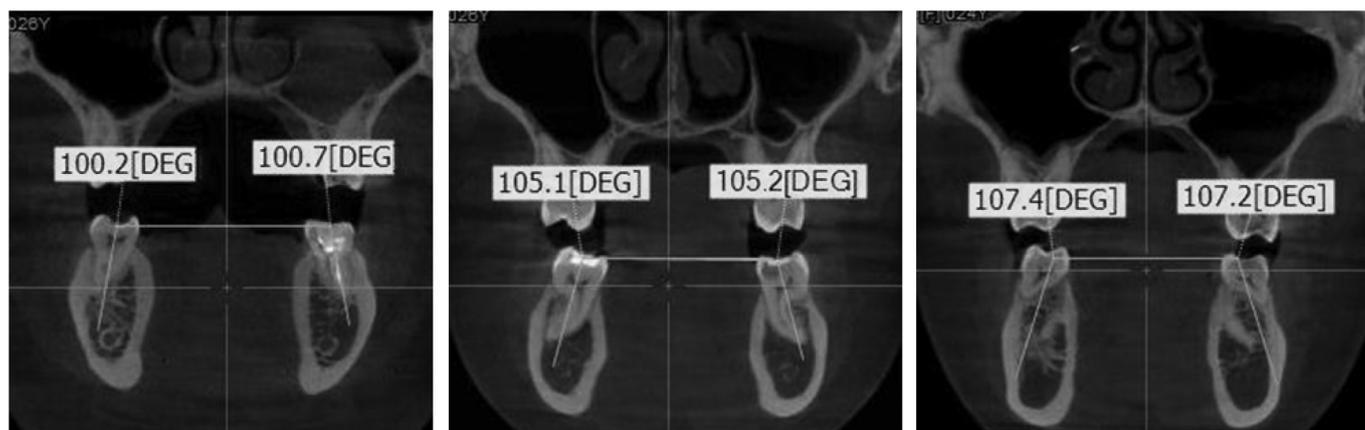


Рис. 6. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области первых нижних моляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

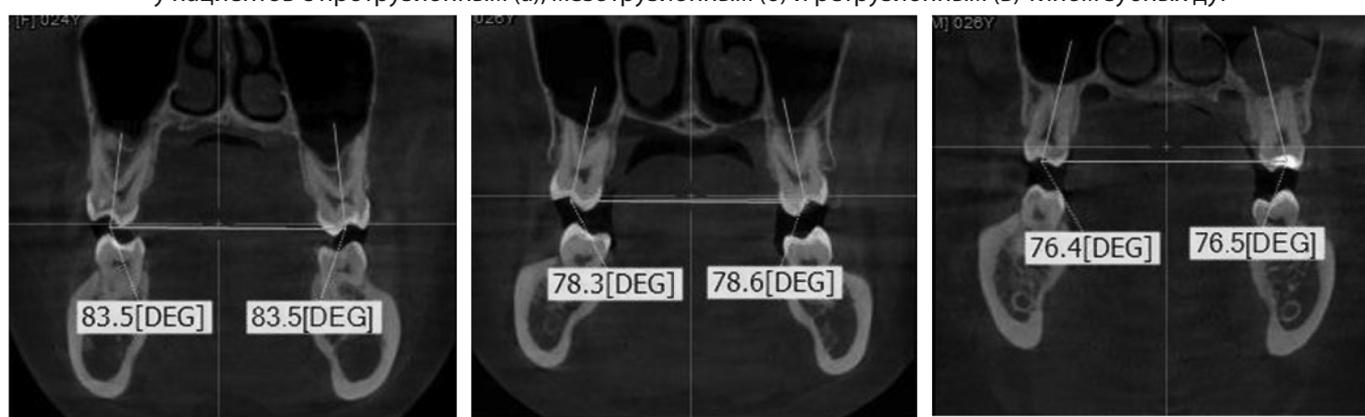


Рис. 7. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области вторых верхних моляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг



Рис. 8. Углы наклона вертикальной оси зуба к окклюзионной плоскости в области вторых нижних моляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

с ретрузионными вариантами ( $96,73 \pm 2,06$  и  $104,32 \pm 3,14$  градуса,  $p < 0,05$ ).

При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых нижних премоляров составляли  $101,52 \pm 2,87$  градуса и занимали промежуточное поло-

жение между однотипными углами, полученными у людей с протрузионными и ретрузионными вариантами зубных дуг.

Особенности наклона зубов в области первых моляров представлены на рис. 5.

Первые верхние моляры у людей с протрузионными вариантами зубных дуг имели вестибулярно-язычный наклон к окклюзионной плоскости, достоверно больше, чем у людей с ретрузионными вариантами ( $91,31 \pm 2,56$  и  $81,49 \pm 2,06$ ,  $p < 0,05$ ).

При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых моляров составляли  $84,02 \pm 2,61$  градусов и занимали промежуточное положение между протрузионными и ретрузионными вариантами.

Особенности наклона зубов в области первых нижних моляров представлены на рис. 6.

Первые нижние моляры у людей с протрузионными вариантами зубных дуг имели вестибулярно-язычный наклон к окклюзионной плоскости достоверно меньше, чем у людей с ретрузионными вариантами ( $100,45 \pm 3,18$  и  $107,29 \pm 3,09$  градусов,  $p < 0,05$ ). При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых моляров составляли  $104,96 \pm 3,08$  градусов и занимали промежуточное положение между протрузионными и ретрузионными вариантами.

Особенности наклона зубов в области вторых моляров представлены на рис. 7.

У вторых верхних моляров при протрузионном варианте зубных дуг, вестибулярно-язычный наклон к ок-

клюзионной плоскости был также достоверно больше, чем у людей с ретрузионными вариантами ( $83,52 \pm 2,45$  и  $76,47 \pm 2,49$ ,  $p < 0,05$ ).

При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых премоляров составляли  $78,64 \pm 2,17$  градуса и занимали промежуточное положение между протрузионными и ретрузионными вариантами.

Особенности наклона зубов в области вторых нижних моляров представлены на рис. 8.

У вторых нижних моляров при протрузионном варианте зубных дуг, вестибулярно-язычный наклон к окклюзионной плоскости был также достоверно меньше, чем у людей с ретрузионными вариантами ( $104,51 \pm 3,35$  и  $111,72 \pm 2,08$ ,  $p < 0,05$ ).

При мезотрузионных вариантах зубных дуг углы наклона первых премоляров составляли  $109,21 \pm 2,75$  градуса и занимали промежуточное положение между протрузионными и ретрузионными вариантами.

Таким образом, полученные данные характеризуют особенности вестибулярно-язычного наклона зубов при различных трузсионных вариантах зубных дуг. Различия указанных параметров следует учитывать при выборе прописи брекетов как в переднем, так и в боковых отделах зубных дуг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверзальном направлении. / М.А. Агашина, С.Б. Фищев, С.В. Дмитриенко, А.В. Лепилин, Д.Н. Балахничев // *Стоматология детского возраста и профилактика*. — 2017. — Т. XVI — № 1(60). С. 36–39.
2. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратьев А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // *Педиатр*. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
3. Dmitrienko T.D., Domenyuk D.A., Porfyriadis M.P., Arutyunova A.G., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Connection between clinical and radiological torque of medial incisors at physiological occlusion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 1. — P. 29–37.
4. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv EuroMedica*. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
5. Fomin I.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Arutyunova A.S. Effect of jaw growth on dentofacial angle in analyzing lateral telerradiographic images // *Archiv EuroMedica*. 2019. vol. 9, num. 2. P. 136–137.
6. Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdrev M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
7. Lepilin A.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Budaychiev G.M.-A. diagnostic value of cephalometric parameters at graphic reproduction of tooth dental arches in primary teeth occlusion // *Archiv euromedica*. — 2018. — V.8. — №1. — P. 37–38.
8. Puzdryyova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P. 162–163.
9. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8. — №1. — P. 4716.
10. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // *J. Dent. Res.* — 2016. — Vol. 27. — №3. — P. 317–322.

© Шишко Татьяна Владимировна (tat-sh04@rambler.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru);  
Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap\_75@mail.ru);  
Борисова Ольга Дмитриевна (osipovaod@mail.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru);  
Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ПАЦИЕНТОВ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА С ПАТОЛОГИЕЙ ПРИКУСА

## DENTAL STATUS OF YOUNG PATIENTS WITH OCCLUSION PATHOLOGY

**L. Yagafarova  
M. Kabirova  
G. Minyakina**

*Summary.* The high prevalence of bite pathology is a serious problem. The frequent use of the edgewise technique, as well as a large number of complications of the oral cavity organs, attracts the attention of many specialists and requires a more thorough study in order to create preventive measures and adequate treatment.

The article presents the results of a study of 46 patients aged 25–35 years with various occlusion pathologies at various stages of treatment undergoing treatment using the edgewise technique. The control group consisted of patients with a completely sanitized oral cavity, having a positive medical note after a professional medical examination about the absence of somatic pathology — 12 people.

As a result of a complete dental examination, the most frequent complaints of patients were: bleeding gums when brushing teeth, bad breath and erosions on the oral mucosa. It also revealed a high prevalence and severity of inflammation in the periodontal complex in patients with braces. When studying the structure of diseases of the oral mucosa it was determined that the most often detected diseases occur with severe pain syndrome: chronic mechanical trauma, decubital ulcer, recurrent aphthous stomatitis. The performed autofluorescence study revealed in the main group preclinical signs of hyperkeratotic changes in the area of teeth occlusion. The frequency and severity of symptoms of dental diseases correlates with the duration of treatment.

*Keywords:* edgewise technique, braces, hyperkeratosis, chronic mechanical injury, periodontitis, caries, ulcer.

**Ягафарова Лилия Финатовна**

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Уфа  
lilia2187@mail.ru

**Кабирова Миляуша Фаузиевна**

Д.м.н., профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Уфа  
kabirova\_milya@list.ru

**Минякина Гузель Фанисовна**

К.м.н., ассистент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Уфа  
minguzel0005@yandex.ru

*Аннотация.* Высокая распространенность патологии прикуса представляет собой серьезную проблему. Частое применение эджуайс-техники, а также большое количество осложнений со стороны органов полости рта привлекает внимание многих специалистов и требует более тщательного изучения, для создания мер профилактики и адекватного лечения.

В статье представлены результаты исследования 86 пациентов в возрасте 25–35 лет с различными патологиями прикуса на различных стадиях лечения, проходящих лечение с применением эджуайс-техники. Группу контроля составили пациенты с полностью санированной полостью рта, имеющих положительное заключение после профессионального медицинского осмотра об отсутствии соматической патологии — 20 человек.

В результате комплексного стоматологического обследования у пациентов наиболее частыми жалобами были: кровоточивость десен при чистке зубов, неприятный запах изо рта и появление эрозий на слизистой оболочке полости рта. Также выявлена высокая распространенность и степень тяжести воспаления в пародонтальном комплексе у пациентов с брекетами. При изучении структуры заболеваний слизистой оболочки рта, определено, что наиболее часто выявляются заболевания, протекающие с выраженным болевым синдромом: острая и хронические механические травмы, декубитальная язва, рецидивирующий афтозный стоматит, лейкоплакия. Проведенное аутофлюоресцентное исследование позволило выявить в основной группе доклинические признаки гиперкератотических изменений в области смыкания зубов. Частота и степень тяжести симптомов стоматологических заболеваний коррелирует от продолжительности лечения.

*Ключевые слова:* эджуайс-техника, брекеты, гиперкератозы, хроническая механическая травма, пародонтит, кариес, язва.

## Введение

Одной из актуальных проблем для врачей-стоматологов являются своевременное прогнозирование результатов лечения эджуайс-техникой и снижение рисков развития осложнений со стороны тканей зубов, пародонта и слизистой оболочки рта [2]. Несмотря на огромное многообразие патогенетических и этиологических факторов, непосредственной причиной несостоятельности отдаленных результатов лечения после лечения эджуайс-техникой, по мнению большинства исследователей, является плохая гигиена, ведущая к поражению твердых тканей зубов кариозным процессом, воспалительным процессам в тканях пародонта и слизистой оболочке рта. Врач-стоматолог ежедневно в практике может встречать данную группу пациентов с различными проблемами и заболеваниями органов полости рта. Поэтому он должен с особой внимательностью относиться к пациентам с ортодонтическими аппаратами, так как в последнее время их количество увеличивается и возраст установки брекетов смещается в более юный возраст.

## Актуальность

Частота встречаемости и разнообразие заболеваний твердых тканей зубов, тканей пародонта и слизистой оболочки рта занимают особое место среди стоматологической патологии, в частности у пациентов, проходящих лечение у ортодонта с применением брекет-систем [3].

При несостоятельной гигиене и постоянному травмирующему фактору происходит хронизация всех воспалительных процессов и происходит ухудшение состояния органов полости рта. [2,6]. При этом, именно могут выявляться первые признаки гиперкератотических процессов. Необходимо учитывать особенности изменения со стороны мягких и твердых тканей полости рта в процессе всего времени лечения с применением эджуайс-техники при осмотре и учитывать их при назначении лечебно-профилактических мероприятий данным пациентам [1].

Для данной группы пациентов характерна постоянная травматизация мягких тканей полости рта. Вышеперечисленные явления способствует развитию патологических процессов во рту, что составило актуальность нашего исследования [4,5].

## Цель и задачи

Изучить стоматологический статус у пациентов молодого возраста с различной патологией прикуса, проходящих лечение с применением эджуайс-техники.

## Материалы и методы исследования

Проведено тщательное объективное исследование с соблюдением всех этических принципов проведения медицинских обследований с участием людей в качестве субъектов, изложенных в Хельсинской декларации Всемирной организации здравоохранения. На его проведение получено одобрение этического комитета ФГБОУ ВО Башкирский Государственный Медицинский Университет Минздрава России.

В исследование включены 86 пациентов в возрасте 25–35 с диагностированными осложнениями лечения эджуайс-техникой со стороны твердых тканей зубов, парадонтального комплекса и слизистой оболочки рта в разные периоды исправления прикуса с применением брекетов. Группу контроля составили 20 клинически здоровых лиц с санированной полостью рта. Представленные группы были сопоставимы по возрастному-половому составу, наличию и выраженности наиболее распространенных факторов риска развития осложнений длительного лечения эджуайс-техникой. На этапе обследования пациентов, предшествующем установке брекетов, не было выявлено никаких клинических признаков (включая данные стандартных лабораторных и инструментальных методов, данные анамнеза) неблагополучия или патологии тканей пародонта. Диагностика гингивита и пародонтита осуществлялась в ходе клинического, рентгенологического и лабораторного исследований при повторном обращении пациентов.

Всем участникам исследования было проведено комплексное стоматологическое обследование, включающее сбор анамнеза, жалоб, данных объективного осмотра, и индексной оценки уровня гигиены (Green Vermillion, 1964), распространенности кариозного процесса (индекс КПУ), оценки состояния тканей пародонта (РМА, Парма, 1960), рентгенологическое обследование. Для оценки состояния слизистой оболочки рта, кроме осмотра, применяли метод аутофлуоресценции (аппарат АФС).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета программ Statistica v. 8 («Stat Soft Inc.», США).

## Результаты и обсуждения

После проведения комплексного стоматологического осмотра и сбора анамнеза нами были определены наиболее частые жалобы, предъявляемые пациентами (таблица 1).

По данным, представленным в таблице 1, наиболее частыми жалобами были: кровоточивость десен при чистке зубов, неприятный запах изо рта и боль при трав-

матизации слизистой оболочки рта. При чем первые 2 показателя прогрессировали в зависимости от длительности ношения брекетов.

Таблица 1.  
Распространенность жалоб у пациентов основной группы и группы сравнения

| Жалобы пациентов                      | Основная группа      |                      | Группа сравнения |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------|
|                                       | менее 1 года лечения | более 1 года лечения |                  |
| Кровоточивость десен при чистке зубов | 78,2±2,1 %***        | 92,2±1,1 %***        | 38,4±0,6 %       |
| Неприятный запах изо рта              | 51,7±1,4 %***        | 74,4±1,4 %***        | 34,3±0,4 %       |
| Застывание пищи между зубами          | 46,6±1,6 %***        | 52,5±1,2 %***        | 15,5±0,04 %      |
| Трудность гигиены полости рта         | 58,9±1,6 %*          | 67,4±1,3 %*          | 10,5±0,2 %       |
| Повышенная чувствительность зубов     | 40,4±2,3 %***        | 53,2±2,1 %***        | 10,0±0,6 %       |
| Боль в слизистой оболочке рта         | 59,2±1,8 %*          | 23,3±1,4 %*          | 1,2±0,1 %        |

\* — разница достоверна по сравнению с группой сравнения (p<0,05);

Различия между исследуемыми группами подтверждены результатами проведенного теста Краскела-Уоллиса (p<0,05).

В таблице 2 приведены результаты индексной оценки состояния полости рта.

Таблица 2.  
Показатели стоматологических индексов

| Индексы | Основная группа      |                      | Группа сравнения |
|---------|----------------------|----------------------|------------------|
|         | менее 1 года лечения | более 1 года лечения |                  |
| ОНИ-S   | 3,1±0,4*             | 4,5±0,6*             | 1,2±0,4          |
| КПУ     | 23,5±2,1*            | 42,4±1,9*            | 17,6±1,2         |
| РМА     | 54,5±2,6*            | 78,3±2,2*            | 20,1±1,7         |

\* — разница достоверна по сравнению с группой сравнения (p<0,05)

У пациентов основной группы был определен неудовлетворительный уровень гигиены полости рта, в группе сравнения индекс ОНИ-S соответствовал удовлетворительной гигиене полости рта.

Анализ индекса КПУ показал, что с увеличением срока ношения брекет-систем происходит достоверная (по отношению к группе сравнения) интенсификация кариозного процесса. Компоненты индекса КПУ были следующими: основная группа — 23,5±2,1 (K = 8,7±1,1,

Π = 9,9±1,2, У = 4,9±0,2), а в группе сравнения — 17,6±1,2 (K = 8,0±1,3, Π = 7,1±1,2\*, У = 4,5±0,4).

Индекс интенсивности воспаления в десне — РМА в основной группе у пациентов, которые носят брекетки более одного года, свидетельствовал о тяжелой степени воспаления. В группе сравнения показатель составил 20,1±1,7 %, что соответствует легкой степени воспаления.

Различия в индексной оценке состояния полости рта между основной группой и группой сравнения подтверждены результатами проведенного теста Краскела-Уоллиса (p<0,05).

Распространенность заболеваний слизистой оболочки рта (СОР) представлена в таблице 3.

Таблица 3.

Распространенность заболеваний слизистой оболочки рта в основной группе и в группе сравнения

| Заболевания СОР                     | Основная группа      |                      | Группа сравнения |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------|
|                                     | менее 1 года лечения | более 1 года лечения |                  |
| Сухая форма эксфолиативного хейлита | 25,5±2,4*            | 36,5±2,1             | 18,2±2,4         |
| Рецидивирующий афтозный стоматит    | 37,5±2,7*            | 27,4±3,2             | 0,9±0,3          |
| Острая механическая травма          | 33,4±3,7*            | 12,8±2,3             | 10,4±0,6         |
| Хроническая механическая травма     | 23,4±4,6*            | 69,8±3,9             | 19,6±2,4         |
| Декубитальная язва                  | 24,6±2,7*            | 5,6±1,2              | 16,7±1,5         |
| Гиперкератоз                        | 13,2±2,4*            | 24,6±1,9             | 1,0±0,4          |

\* — разница достоверна по сравнению с группой сравнения (p<0,05)

При изучении состояния слизистой оболочки при осмотре и при сборе анамнеза выявлена значительная частота эксфолиативного хейлита, рецидивирующего афтозного стоматита рта. Проведенное аутофлуоресцентное исследование аппаратом АФС позволило выявить в основной группе у 24,2±1,6 % доклинические признаки гиперкератотических изменений в области смыкания зубов у пациентов с длительным ношением брекетов, что свидетельствует о влиянии постоянной травматизации слизистой. В группе сравнения данные признаки выявлены у 2 обследованных (6,7 %).

Данные представленные в таблице 3 свидетельствуют о высокой распространенности заболеваний СОР у пациентов основной группы. Эти данные коррелируют с жалобами пациентов и наиболее выражены у пациентов с длительным ношением брекетов.

### Заключение

В результате комплексного стоматологического обследования у пациентов определены высокая распространенность стоматологических заболеваний пародонта и слизистой оболочки рта. Данные заболевания сопровождаются появлением гиперкератотических явлений вследствие постоянной механической травматизации. Частота и степень тяжести симптомов стомато-

логических заболеваний коррелирует от длительности лечения с применением несъемной ортодонтической техники.

У пациентов выявлена высокая нуждаемость в стоматологической помощи, направленную на снятие всех проявлений заболеваний. Регулярное обследование и лечение у врача-стоматолога должны быть включены в протоколы ведения ортодонтических пациентов.

---

### ЛИТЕРАТУРА

1. Крысанова, М.В. Определение распространенности и интенсивности кариеса зубов у пациентов в период лечения с помощью несъемной ортодонтической аппаратуры / М.В. Крысанова, Э.М. Кузьмина, Л.В. Польша // Ортодонтия. — 2015. — № 3 (71). — С. 43–46.
2. Гаврилова, О.А. Изменения тканей и органов полости рта во время ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий и деформаций / О.А. Гаврилова, Ю.В. Червинец, А.С. Матлаева // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2015. — Т. 14, № 1 (52). — С. 29–33.
3. Косюга, С.Ю. Травматические поражения слизистой оболочки полости рта / С.Ю. Косюга // Заболевания слизистой оболочки полости рта. Нижний Новгород, 2017. — С. 41–54.
4. Луцкая, И.К. Заболевания слизистой оболочки полости рта травматической природы у детей и подростков / И.К. Луцкая // Участковый педиатр. — 2016. — № 2. — С. 6–7.
5. Косюга, С.Ю. Состояние полости рта у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении / С.Ю. Косюга, Д.И. Ботова // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 6. — С. 215–216.
6. Гилева, О.С. Распространенность предраковых заболеваний слизистой оболочки полости рта (по данным лечебно-консультативного приема / О.С. Гилева, Т.В. Либик, К.В. Данилов // Онкология — XXI век: материалы XIX Международной научной конференции и V Итало— российской научной конференции по онкологии и эндокринной хирургии XIX Международной научной конференции «Здоровье нации — XXI ВЕК». — М., 2015. — С. 122–127.

---

© Ягафарова Лилия Финатовна (lilia2187@mail.ru); Кабилова Милляша Фаузиевна (kabirova\_milya@list.ru);  
Минякина Гузель Фанисовна (minguzel0005@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## СОВРЕМЕННЫЕ ГЕРНИОПЛАСТИКИ ПАХОВЫХ ГРЫЖ (ОБЗОР)

## MODERN HERNIOPLASTY OF INGUINAL HERNIAS (REVIEW)

**A. Yashnov  
O. Konovalova  
N. Yashnova  
J. Hanina  
E. Passonen**

*Summary.* In abdominal surgery, interventions for inguinal hernias occupy the second place in frequency among all planned operations. In 2021, according to A.S. Revishvili, about 96,000 planned herniotomies with hernioplasty were performed in patients with inguinal hernias. At the same time, the postoperative mortality is 0.02%. The problem of choosing hernioplasty in patients becomes a priority. The article provides an overview of modern and frequently used plastic inguinal hernias. The advantages and disadvantages of both traditional and modern endovideosurgical hernioplasty are shown.

*Keywords:* hernias, hernioplasty, herniotomy, lichtenstein, bassini, abdominal surgery.

**Яшнов Алексей Александрович**

*К. м. н. ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»  
alexuyashnov@mail.ru*

**Коновалова Ольга Геннадьевна**

*К. м. н. доцент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»*

**Яшнова Надежда Борисовна**

*ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»*

**Ханина Юлия Сергеевна**

*К. м. н. доцент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»*

**Пассонен Екатерина Юрьевна**

*Врач-хирург, ГУЗ «Городская клиническая больница № 1»  
г. Чита*

*Аннотация.* В абдоминальной хирургии вмешательства при паховых грыжах занимают второе место по частоте среди всех плановых операций. За 2021 год, по данным А.Ш. Ревишвили, выполнено около 96000 плановых герниотомий с герниопластикой пациентам с паховыми грыжами. При этом послеоперационная летальность составляет 0,02 %. Проблема выбора герниопластики у пациентов становится первоочередной. В статье отражен обзор современных и часто используемых пластик паховых грыж. Показаны преимущества и недостатки как традиционных, так и современных эндовидеохирургических герниопластик.

*Ключевые слова:* грыжи, герниопластика, герниотомия, Лихтенштейн, Бассини, абдоминальная хирургия.

**В** абдоминальной хирургии вмешательства при паховых грыжах занимают второе место по частоте среди всех плановых операций. За 2021 год, по данным А.Ш. Ревишвили, выполнено 95894 плановых герниотомий с герниопластикой пациентам с паховыми грыжами. При этом послеоперационная летальность составляет 0,02 % [1]. Необходимо отметить тот факт, что данной нозологией страдает 60 % мужчин трудоспособного возраста, что указывает на большую социальную проблему. Учитывая, что основной контингент подверженный возникновению паховых грыж это лица молодого возраста, то встает вопрос о безопасности герниопластик в развитии различных осложнений со стороны репродуктивной системы: стриктур в паховом канатике, сдавление в внутреннем и наружном паховом отверстии элементов семенного канатика и развитие вторичного бесплодия [2,3,4,5,6]. В «Международных рекомендациях по лечению паховых грыж» отражена проблема, связанная с неудовлетворенностью результатами современных методов герниопластики. Главный недостаток пластик паховых грыж связан с большим процентом повторных оперативных вмешательств из-за рецидива грыж. Рецидивное течение грыж наблюдается по данным разных

авторов от 10 до 15 %. При этом на международном уровне отмечено, что использование аллопластики значительно снижает процент рецидива [6,7,8,9]. В данной работе мы постарались описать достоинства и недостатки основных современных герниопластик. Наряду с этим, хирургическое лечение паховых грыж должно характеризоваться следующими критериями: низкая частота осложнений, безопасность выполнения операции, быстрое восстановление трудоспособности пациентов [2,7,8,9,10,11].

Учеными-герниологами, которые внесли фундаментальный вклад в лечение паховых грыж, следует считать Е. Bassini и Н. Marcy. Данные исследователи одними из первых задумались о важности сохранения физиологических и анатомических особенностей пациентов и указали о значимости укрепления именно задней стенки пахового канала и внутреннего пахового отверстия [12]. Пластика по Bassini, которая характеризуется сшиванием внутренней косой и поперечной мышц с паховой связкой, относится к варианту аутопластики и приводит к рецидивам до 10 % при первичных герниотомиях и до 30 % при повторных герниопластиках. По-

вторные рецидивы — это большая социальная проблема ввиду длительной нетрудоспособности и нарушения качества жизни пациентов, что приводит к значительным материальным затратам. Помимо вышеописанного, по данным В.С. Новицкой, пластика по Bassini в раннем послеоперационном периоде приводит к увеличению объема яичка на стороне оперативного вмешательства у пациентов всех возрастных групп с последующим уменьшением в отдаленном послеоперационном периоде, что может привести к развитию нарушений в репродуктивной системе. Данный факт, по мнению ученой, связан с отеком, рубцовым процессом в паховом канале и сдавлением элементов семенного канатика в глубоком или наружном паховом кольце [3,4]. Пластику по Marsy разработанную в 1892 г. возможно использовать только при косых паховых грыжах. Это связано с тем, что при данной методике производится закрытие внутреннего пахового канала путем наложения от одного до трех швов. Данный вариант пластики характеризуется большим процентом рецидивных косых, и формированием прямых рецидивных паховых грыж вследствие перераспределения давления в области дна пахового канала [4,5,8,12].

В 1950-х годах канадским хирургом E.E. Shouldice предложен новый способ натяжной пластики паховых грыж. В основе данного способа лежит принцип использования многослойного шва поперечной фасции в виде дубликатуры последней. Дополнительно при пластике по Shouldice края поперечной и внутренней косой мышц подшиваются по отдельности к паховой связке. Необходимо отметить, что рецидив при выполнении данного варианта герниопластики приближается к 5 % [12,13]. Другим недостатком служит длительность и травматичность операции.

В 1989 г. I.L. Lichtenstein предложил не использовать для пластики паховых грыж мягкие ткани, а применять различные полипропиленовые импланты. С этого момента начинается эра ненатяжных пластик. Основой данной операции являлось фиксация пропиленового сетчатого протеза к lig. Inguinale с одной стороны и свободному краю внутренней косой и поперечной мышц живота с другой стороны. Данная пластика мгновенно вошла в широкий обиход врачей-хирургов, что позволило избежать натяжения тканей, уменьшить интраоперационную травматизацию тканей, сократить сроки пребывания в стационаре и снизить количество рецидивов [7, 9, 14]. Как известно, время показывает, что и у самой хорошей, как, казалось бы, пластики существуют свои подводные камни. К основным недостаткам следует отнести: инфицирование и отторжение имплантата, возникновение хронического болевого синдрома, развитие репродуктивных нарушений у молодых пациентов (дезеякуляция, обструктивная азооспермия, олигоспермия, мужское бесплодие), флотацию и сворачивание имплан-

та у лиц пожилого возраста вследствие дистрофических изменений со стороны мышц. Нарушение со стороны репродуктивной функции связано с тем, что семенной канатик проходя через отверстие в эндопротезе на значительном протяжении контактирует с аллотрансплантатом, что приводит к возникновению значимых рубцовых изменений со стороны ductus deferens. Рубцовые процессы в указанной области способствуют уменьшению диаметра семявыносящего протока. А.Б. Бабурин в своём исследовании показал, что в 75 % случаев наблюдается восстановление диаметра ductus deferens. При этом многочисленные исследования отечественных ученых в эксперименте на животных выявили абсолютное бесплодие у испытуемых после имплантации полипропиленового протеза методом Лихтенштейна [3,4,5,15].

В 1977 г. R. Ger во время лапаротомии операции произвел прошивание шейки грыжевого мешка со стороны брюшной полости металлическими клипсами, что и послужило толчком к разработке лапароскопических методик герниопластики [16,17]. Спустя 2 года R. Ger заявил о первом успешном лапароскопическом грыжесечении с закрытием внутреннего пахового кольца с помощью клипс. Активное развитие лапароскопических технологий привело к появлению новых современных пластик — трансабдоминальной преперитонеальной пластики (TAPP) — «Patch»-техника (1991 г. M. Arregui) и тотальной экстраперитонеальной пластики (TEP) — Patch»-техника (1991 г. J. Dulucq) [16,18]. В экономически развитых странах 40 %–50 % паховых грыж оперируются лапароскопическим способом — TAPP 24–31 %, TEP 18 %–24 % [16]. Необходимо отметить, что с внедрением данных вариантов пластик удалось значительным образом снизить процент осложнений при TAPP до 0,7 — 2,5 %, а при TEP — 0,54–1,9 % [16,17]. Основоположниками преперитонеального размещения сетчатого протеза стали R. Stoppa, J. Rives, L. Nyhus. При данном варианте герниопластики имплантат удерживается в предбрюшинном пространстве вследствие внутрибрюшного давления. Данный вариант размещения аллотрансплантата позволил сократить количество рецидивов до 0,56 % [19].

В 1992 г. G. Ferzli предложил новый экстраперитонеальный способ герниопластики. Последний осуществляется без вскрытия брюшины созданием искусственной полости путем нагнетания воздуха и организацией давления в предбрюшинном пространстве. Одним из важных моментов данного способа является тот факт, что нет необходимости проникать и осуществлять манипуляции в брюшной полости [20].

Эндовидеохирургия в герниологии в последние десятилетия становится все более актуальной и перспективной. Малая травматичность и высокая эффективность стала альтернативой ранее известным способам [21,22,23,24,25].

Хирурги, которые в совершенстве владеют лапароскопическими способами герниопластики при паховых грыжах отдают им предпочтение перед пластикой по Лихтенштейну и Бассини. Это обусловлено хорошим эстетическим эффектом, низкой частотой послеоперационных осложнений, редким возникновением нарушений со стороны репродуктивной системы, отсутствием выраженного болевого синдрома, быстрой реабилитацией и низким процентом количества рецидивов [23,24,25]. По данным многоцентрализованного исследования, выполненного в стационарах исследователями США установлено, что количество рецидивов паховых грыж при лапароскопических методах наблюдается у 0,46 % больных после TAPP и 0,22 % после TEP [18,19,23,25]. Необходимо отметить, что основной процент рецидивов связан с опытом оперирующего хирурга и нарушением в подготовке и фиксации эндопротеза. По данным отечественных авторов, осложнения лапароскопических герниопластик немногочисленны и встречаются в 0,2–5 % наблюдений [24,25]. К основным осложнениям после лапароскопических герниопластик относят: кровотечение из поврежденных крупных сосудов, инфицирование сетки, гематомы и серомы паховой области, хронический болевой синдром, развитие спаечной кишечной непроходимости [6,25]. R. Bittner в своём исследовании показал, что инфицирование сетки после эндовидеолапароскопических операций встречается в 0,09 % случаев и связано с длительным и травматичным оперативным вмешательством. Одним из неприятных, нарушающих качество жизни осложнений является возникновение хронической боли после устранения паховых грыж эндовидеохирургическими методами. Доказанной причиной данного нарушения является повреждение нервов при фиксации герниостеплером имплантата, что приводит к периневральному воспалению. В литературе описаны

пересечение крупных нервов с выраженной атрофией всех групп мышц и уменьшением в объёме конечности. У пациентов с незначительным расширением внутреннего пахового отверстия (до 3 см) Г.М. Рутенбург рекомендуют использовать полурассасывающийся самофиксирующийся синтетический имплантат Parietene ProGrip для предотвращения развития невралгии в послеоперационном периоде [21,23]. Еще к одному осложнению данному варианту герниопластики следует отнести кровотечение из нижних эпигастральных сосудов, которое встречается у 1,6 % при выполнении TAPP и у 0,47 % при TEP. Как и при других лапароскопических оперативных вмешательствах во время операции может произойти повреждение внутренних органов — тонкой и ободочной кишок (0,4 %–0,8 %), мочевого пузыря (0,4 %) [21,24]. Вместе с тем эндовидеохирургические вмешательства производятся у больных под общим наркозом, что зачастую делает их нерентабельными у больных с тяжёлой сопутствующей патологией. Еще одним из ограничений является наличие у пациентов послеоперационных рубцов из-за оперативных вмешательств в анамнезе на органах малого таза.

Анализируя вышеописанные герниопластики, которые активно применяются в настоящее время можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день отсутствует пластика, которая отвечала бы всем предъявляемым требованиям. Учитывая высокий процент осложнений, как со стороны послеоперационной раны, так и со стороны репродуктивной системы, дефицит необходимого оборудования и высококвалифицированных специалистов, указывает на актуальность поиска новых или усовершенствования имеющихся методов закрытия дефекта в задней стенке пахового канала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние экстренной хирургической помощи в Российской Федерации / Отчет главного хирурга Ревшвили А.Ш. — 2022.
2. Поборский А.Н. Характеристика качества жизни при оценке результатов лапароскопической паховой герниопластики / Эндоскоп. хирургия. — 2018. — № 4. — С.49–53.
3. Новицкая В.С. Влияние натяжной паховой герниопластики по Бассини на объем яичка в раннем и отдаленном послеоперационном периодах. / Journal of the Grodno State Medical University. — 2022. — № 20. — С.544–547
4. Айтекова Ф.М. Влияние метода герниопластики на показатели тестостерона у пациентов мужского пола при паховых грыжах / Глобальный науч. потенциал. — 2014. — Т.35. — №35. — С.33–36.
5. Харитонов С.В. Особенности эхосемиотики раневого процесса у больных с паховыми грыжами после выполнения эндоскопической герниопластики / Эндоскоп. хирургия. — 2018. — № 6. — С.11–18.
6. Деговцов Е.Н. Диагностика и лечение серомы после герниопластики передней брюшной стенки с использованием сетчатого импланта / Хирургия. Журн. им. Н.И. Пирогова. — 2018. — № 1. — С.99–102.
7. Винник Ю.С. Современный способ лечения паховых грыж / Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 1. — С.32–34.
8. Wong W. Topic: Inguinal Hernia-Fixation / Hernia. — 2015. — №19. — С.358–359.
9. Смотрич С.М. Хирургия паховых грыж в Гродненском регионе. Пути совершенствования подходов к выбору метода герниопластики / Журн. Гродн. гос. мед. ун-та. — 2018. — Т. 16. — № 4. — С.497–500.
10. Mongelli F. Open and Laparoscopic Inguinal Hernia Surgery: A Cost Analysis / J. Laparoendosc Adv. Surg. Tech. — 2019. — № 29. — С.6–9.
11. Li J. Closure of a direct inguinal hernia defect in laparoscopic repair with barbed suture: a simple method to prevent seroma formation? // Surg. Endosc. — 2018. — №32. — С.1082–1086.

12. Волков А.М. Методология оперативного лечения паховой грыжи (краткий обзор литературы) / Вестник новых медицинских технологий. — 2016. — №4.
13. Алиев С.А. Эволюция методов хирургического лечения паховых грыж / Вестник хирургии. — 2010. — Т169. — №5. — С.109–112.
14. Шалашов С.В. Сравнительный анализ результатов операции I.L. Lichtenstein и CS-пластики при паховых грыжах / Общая и частная хирургия. — 2016. — Т24. — (№5). — С.444–450.
15. Бабурин А.Б. Выбор метода пластики при паховых грыжах у мужчин молодого возраста / диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: специальность 14.00.17 «Хирургия». Нижний Новгород. — 2014. — 108 с.
16. Михин И.В. Эндовидеохирургия и лапароскопия — новый виток эволюции лечения паховых грыж / Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2019. — №3. — С.121–128.
17. Mongelli F. Open and Laparoscopic Inguinal Hernia Surgery: A Cost Analysis / J. Laparoendosc Adv. Surg. Tech. — 2019. — 29(5). — P.6–9.
18. Huseynova G. Clinical results of different methods of hernioplasty in patients with inguinal hernia / Хирургия. Вост. Европа. — 2018. — Т.7. — №3. — С.340–346.
19. Поляков А.А. TAPP и TEP-аллогерниопластика при паховых грыжах в условиях ЦРБ / Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2018. — №3. — С.49–53.
20. Ачкасов Е.Е. Современные тенденции в хирургии паховых грыж: мировая практика / Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2015. — №10. — С.88–93.
21. Рутенбург Г.М. / Лапароскопическая бесфиксационная аллогерниопластика. Эндоскопическая хирургия. — 2011. -Т.17. — №5. — С.20–23
22. Li J. Closure of a direct inguinal hernia defect in laparoscopic repair with barbed suture: a simple method to prevent seroma formation? / Surg. Endosc. — 2018. — 32(2). — P.1082–1086.
23. Рутенбург Г.М. Эндовидеохирургия в лечении паховых и бедренных грыж. В кн.: Федоров В.Д., ред. Избранные лекции по эндовидеохирургии. СПб.: Фирма Коста. — 2004.
24. Поборский А. Н. Характеристика качества жизни при оценке результатов лапароскопической паховой герниопластики / Эндоскоп. хирургия. — 2018. — №4. — С.49–53.
25. Харитонов С.В. Особенности эхосемиотики раневого процесса у больных с паховыми грыжами после выполнения эндоскопической герниопластики / Эндоскоп. хирургия. — 2018. — №6. — С.11–18.

---

© Яшнов Алексей Александрович (alexuyashnov@mail.ru); Коновалова Ольга Геннадьевна; Яшнова Надежда Борисовна;  
Ханина Юлия Сергеевна; Пассонен Екатерина Юрьевна  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## Наши авторы

**Akulov A.** — Candidate of economic science, associated professor, Kemerovo State University

**Aleksandrova S.** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Pskov State University

**Alekseev V.** — Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Yakut Scientific Center for Complex Medical Problems»

**Atalyan A.** — Candidate of biological sciences, head of information systems and biostatistics department, Scientific Center for Family Health and Human Reproduction (Irkutsk)

**Azizova D.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kazan Federal University

**Badretdinov I.** — Assistant, RUDN University (Moscow)

**Barkhudarov A.** — Ph.D. in Medicine, Associate Professor, Associate Professor, RUDN University (Moscow)

**Basargin A.** — Candidate of technical sciences, associate professor, SSUGT

**Bisultanova Zu.** — Art. Lecturer, Chechen State University named A.A. Kadyrov, Grozny

**Bisultanova Za.** — Research assistant, Chechen State University named A.A. Kadyrov, Grozn

**Bochurov A.** — Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Yakut Scientific Center for Complex Medical Problems»

**Bolotaeva I.** — Candidate of technical sciences, academic title associate professor, associate professor, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

**Borisova O.** — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Buchnev O.** — Candidate of technical sciences, Irkutsk National Research Technical University

**Bugakova T.** — Candidate of technical sciences, SSUGT

**Bugero N.** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University

**Chernykh M.** — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Radiotherapy N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center

## Our authors

**Darchiya L.** — PhD, Head of the Clinical Diagnostic Department of Adults, Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Health of the Russian Federation National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow

**Dodnaeva L.** — Research assistant, Chechen State University named A.A. Kadyrov, Grozny

**Ezeev A.** — Candidate of Medical Sciences, orthopedic traumatologist of the Clinical diagnostic Department of adults, Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Health of the Russian Federation National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow

**Fernando N.** — Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Filatov V.** — PhD (technical sciences), Associate professor, Russian Technological University MIREA, Moscow

**Fischev S.** — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Fu Wenwei** — Graduate student, St. Petersburg State University

**Gappoeva E.** — Assistant professor, Doctor of Medical Science, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)

**Gekhaev A.** — Ph.D. in medicine, Chechen State University named after A.A. Kadyrov (Grozny)

**Grishina E.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Ufa)

**Hafizov R.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Kazan Federal University

**Hanina J.** — Chita state medical Academy

**Ilyina N.** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University

**Irnazarov F.** — Postgraduate student, Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Ufa)

**Isakova F.** — Ph.D. in medicine, assistant professor, Chechen State University named after A.A. Kadyrov (Grozny)

**Ivanenko A.** — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Almazov National Medical Research Center (St. Petersburg)

**Ivanov K.** — Head of the 13th department, Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Health of the Russian Federation National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow

**Ivanov V.** — Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Radiotherapy Department of N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Radiologist of N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center

**Kabirova M.** — PhD, Assistant Professor, Bashkir State Medical University

**Katsko S.** — Candidate of technical sciences, associate professor, SSUGT

**Khairutdinova A.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kazan Federal University

**Khakhina A.** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; Doctor of Biology Sciences, Professor, Comprehensive Research Institute named after. H.I. Ibragimova RAS, Grozny

**Khlyzova T.** — Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

**Klimov A.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, RUDN University (Moscow)

**Klimov A.** — PhD, associate Professor, «Saint Petersburg state pediatric medical University» of the Ministry of health of the Russian Federation

**Klinkovsky A.** — Postgraduate student, Pskov State University

**Koltsov V.** — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Higher Education «National Research University «Research Institute of MIET», Zelenograd

**Kondratieva O.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University — Timiryazev Agricultural Academy, Moscow

**Konovalova O.** — Chita state medical Academy

**Kostava T.** — Orthopedic traumatologist of the clinical diagnostic department of adults, Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Health of the Russian Federation National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow

**Kotikov N.** — Russian Technological University MIREA, Moscow

**Kozlov A.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, RTU MIREA (Russian Technological University MIREA), Moscow

**Kozlova A.** — PhD student, Nizhny Novgorod Research University named after N.I. Lobachevsky

**Krylov A.** — Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Yakut Scientific Center for Complex Medical Problems»

**Kutina M.** — Head of the therapeutic department of the Clinical Hospital «Russian Railways-Medicine» of the city of Saratov; Postgraduate student, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Lapin I.** — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Magomedova K.** — Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala)

**Malay D.** — Kuban State Medical University of the Ministry of Health of Russia

**Mari I.** — Kuban State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation

**Mari M.** — Kuban State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation

**Mashina E.** — Lecturer, ITMO National Research University (St. Petersburg)

**Maslyakov V.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mobilization Preparation of Public Health and Disaster Medicine, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of Russia, Saratov, Russia

**Minyakina G.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Bashkir State Medical University

**Mirzoeva R.** — Doctor of Sciences in Biology, Professor, Non-profit Educational Private Institution for Higher Education «Kuban Medical Institute»

**Nadirova Z.** — Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala)

**Ostaev A.** — Assistant, RUDN University (Moscow)

**Panov A.** — Orthopedic traumatologist, physiotherapy and sports medicine doctor, physiotherapist, Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Health of the Russian Federation National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow

**Panteleeva L.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Higher Educational Institution «University of Management «TISBI», Kazan

**Paramonov S.** — Candidate of Biological sciences, associate professor, Higher Education «Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation»

**Parshina S.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Passonen E.** — Chita state clinical Hospital №1

**Pavlova N.** — PhD, Leading Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Yakut Scientific Center for Complex Medical Problems»

**Pavlova S.** — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Polens A.** — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Polidanov M.** — Laboratory Assistant of the Department of Mobilization Preparation of Public Health and Disaster Medicine, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of Russia, Saratov, Russia

**Puzdyreva M.** — PhD, Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Rada A.** — Candidate of economic science, Kemerovo State University

**Radimov I.** — NUST MISIS, Moscow

**Rastyagaeva D.** — Saratov State Medical University named after after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of Russia, Saratov, Russia

**Romanov D.** — Candidate of Medical Sciences, Russian Railways Medicine Clinic Head of the Radiotherapy Department Clinic of Russian Railways

**Rozhkova M.** — Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Rusakov A.** — Senior Lecturer, Russian Technological University MIREA, Moscow

**Rutkovsky A.** — Doctor of Technical Sciences, academic title Professor, Professor, North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

**Ryabets M.** — PhD student, Almazov National Medical Research Center (St. Petersburg)

**Sarsenbayeva G.** — Cardiac surgeon, Scientific Center of Pediatrics and Children's Surgery of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan

**Sergeev A.** — Ph.D., Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Sevastyanov A.** — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Sharapov A.** — Assistant, SSUGT

**Shishko T.** — Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» Ministry of Health Care of the Russian Federation

**Shklyarevich G.** — Doctor of Biological Sciences, Professor, independent researcher

**Shtorina A.** — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Sidelnikov S.** — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mobilization Preparation of Public Health and Disaster Medicine, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of Russia, Saratov, Russia; Russia

**Siyukhova F.** — Ph.D, Biology, Associate Professor, Higher Professional Training «Kuban State Medical University» of Ministry of Health of the Russian Federation

**Skorina M.** — Graduate student, radiotherapy Departments of NMIC Oncology N.N. Blokhin

**Sopin V.** — Orthopedic traumatologist of the clinical diagnostic department of adults, Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Health of the Russian Federation National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow

---

**Studenikina I.** — Kursk state medical University

**Suchev N.** — Higher Education institution «University of Management «TISBI», Kazan

**Sydykova L.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»

**Taygibova A.** — Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala)

**Timerbulatov M.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Ufa)

**Timofeev A.** — Candidate of technical science, Kemerovo State University

**Vasiliev A.** — Assistant, Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Ufa)

**Yagafarova L.** — Graduate student, Bashkir State Medical University

**Yashnov A.** — Chita state medical Academy

**Yashnova N.** — Chita state medical Academy

**Zakharov D.** — Head of the 1st Neurosurgical Department, Regional State Autonomous Healthcare Institution «Vladivostok Clinical Hospital No. 2»

**Zarochentsev V.** — Candidate of Technical Sciences, academic title Associate Professor, Associate Professor, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

**Zhaglovskaya A.** — Candidate of Sciences in Economics, Associate Professor, National University of Science and Technology «MISIS», Moscow

**Zhurbenko V.** — Kursk state medical University

**Ziganshin T.** — Candidate of Medical Sciences, Head of Surgical Department No. 1 GBUZ RB GKB No. 21 (Ufa)

**Zorina A.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Petrozavodsk State University

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).