

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№4-2 2021 (АПРЕЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин

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
<http://www.nauteh-journal.ru>

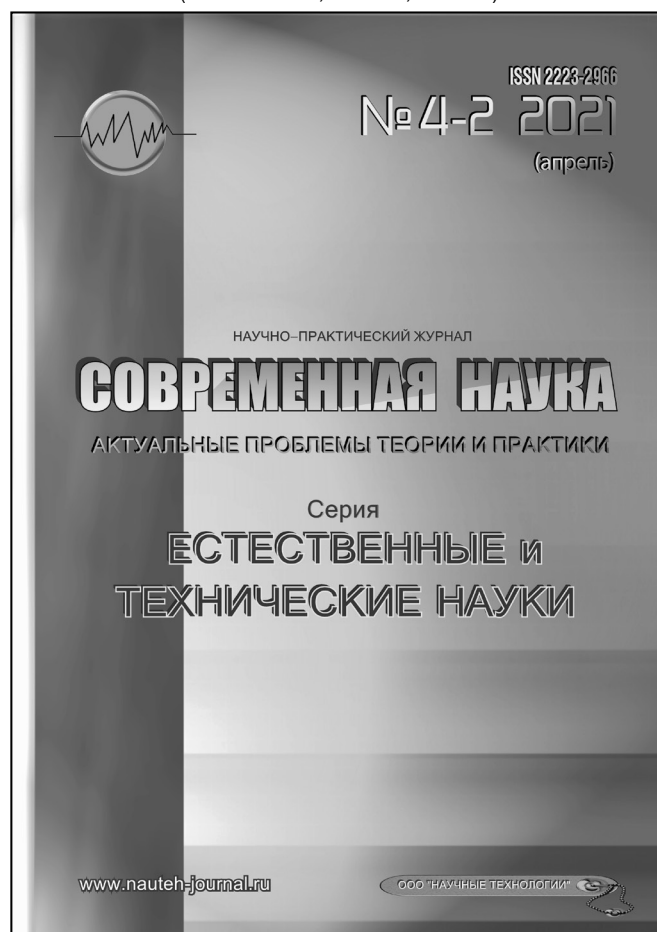
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



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 25.04.2021 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. Серикбаева

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., с.н.с., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Гасымова Х. Г., Абдыева Р. Т., Али-заде Валида Мовсум — Оценка состояния растительного покрова центральной части Кура-Аразской низменности
Gasimova Kh., Abdiyeva R., Ali-zade Valida Movsum — Assessment of the state of vegetation cover of the central part of the Kur-Araz lowland 5

Петунина С. С., Сафонова О. В., Худякова Н. Е., Конокроева Л. А., Шмакова Н. Ю. — Биоморфологические особенности *Lilium martagon* L. в условиях Северного и Северо-Восточного Алтая
Petyunina S., Safonova O., Khudyakova N., Konokroeva L., Shmakova N. — Biomorphological features of *Lilium martagon* in the Conditions of Northern and Northeastern Altai. 12

Стукова О. Ю. — Особенности деструкции ароматических соединений в прибрежных водах залива Чихачева
Stukova O. — Features of the destruction of aromatic compounds in the coastal waters of the Chikhacheva Bay 20

Информатика, вычислительная техника и управление

Касюк С. Т., Диденко Г. А., Степанова О. А. — Кластерный анализ данных медицинских исследований с использованием языка R
Kasyuk S., Didenko G., Stepanova O. — Cluster analysis of medical research data with R 23

Масленников В. В., Даева С. Г. — Трансферный подход к обучению свёрточных искусственных нейронных сетей в задаче диагностики пульманологических заболеваний
Maslennikov V., Daeva S. — Transfer approach to the training of convolutional artificial neural networks in the task of diagnosing pulmonological diseases. 33

Наумов М. А., Ромашкова О. Н., Ермакова Т. Н., Чискидов С. В. — Модель управления корпоративными вычислительными ресурсами образовательного комплекса
Naumov M., Romashkova O., Ermakova T., Chiskidov S. — Model of corporate computing resources management of educational complex 40

Салагаев А. А., Молодяков С. А. — Внедрение технологий распределенных реестров в дорожную инфраструктуру V2X
Salagaev A., Molodyakov S. — Implementing distributed ledger technologies in V2X road infrastructure 48

Чаадаев К. В. — Метод расчета показателей надежности сложных систем с зависимыми отказами
Chaadaev K. — Method for calculation of reliability indicators of complex systems with dependent failures 52

Шлыков Ю. Н., Абанин В. С., Кutowой С. С., Першин А. С. — Алгоритм оценки действий парашютиста в автоматизированном режиме для управления уровнем освоения на динамическом тренажере
Shlikov Yu., Abanin V., Kutovoy S., Pershin A. — An algorithm for evaluating the actions of a skydiver in an automated mode to control the level of development on a dynamic simulator 60

Клиническая медицина

Васин В. И., Ступин В. А., Корейба К. А., Ягжина В. Е., Сенина Е. Р., Селюто В. В., Силина Е. В. — К вопросу об эпидемиологии и лечении острых и хронических ран
Vasin V., Stupin V., Koreyba K., Yagzhina V., Senina E., Seluto V., Silina E. — Epidemiology and treatment of acute and chronic wounds 70

Венгржиновская О. И., Фадеева М. И. — Ассоциация циркадианной дизритмии с возникновением метаболических расстройств <i>Vengrzhinovskaya O., Fadeeva M.</i> — Association of circadian dysrhythmia with the genesis of metabolic disorders75	Камнева Н. А. — Изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области <i>Kamneva N.</i> — Study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for diagnostics and treatment of diseases of the maxillofacial region107
Венгржиновская О. И., Бондаренко И. З. — Влияние дефицита витамина D на сердечно-сосудистую систему <i>Vengrzhinovskaya O., Bondarenko I.</i> — Influence of vitamin D deficiency on the cardiovascular system81	Камнева Н. А. — Изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области <i>Kamneva N.</i> — Study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired developmental anomalies, defects and deformations of the maxillofacial region.111
Вишнева Е. М., Егорова Е. А. — Риски развития легочной артериальной гипертензии у пациентов с перенесенной инфекцией COVID-19 в долгосрочной перспективе <i>Vishneva E., Yegorova E.</i> — Risks of pulmonary arterial hypertension in patients with prior COVID-19 infection in the long term86	Карсанов А. М., Кульчиев А. А., Кокаев Р. И., Маскин С. С., Дербенцева Т. В., Пароваткин М. И., Ремизов О. В. — Сепсис: эпидемиологические феномены изучения проблемы <i>Karsanov A., Kultchiev A., Kokaev R., Maskin S., Derbentseva T., Parovatkina M., Remizov O.</i> — Sepsis: epidemiological phenomena of studying the problem117
Егоров А. И., Глуховский Е. М. — Особенности настройки систем кохлеарной имплантации при частичной потере слуха (тугоухость) <i>Egorov A., Glukhovskiy E.</i> — Cochlear implantation systems' setting up features in partial hearing loss.91	Николаев А. Н., Яшнов А. А., Коновалова О. Г., Ханина Ю. С., Бурцева М. А. — Трофическая язва современное представление о лечении (обзор) <i>Nikolaev A., Yashnov A., Konovalova O., Hanina Yu., Burtseva M.</i> — Trophic ulcer modern understanding of treatment (review)123
Егоров А. И., Глуховский Е. М. — Кохлеарная имплантация у новорожденных: сложности и особенности <i>Egorov A., Glukhovskiy E.</i> — Systems of the cochlear implantation in newborns: difficulties and features.99	Информация
	Наши авторы. Our Authors127
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале129

10.37882/2223–2966.2021.04–2.05

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУРА-АРАЗСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

ASSESSMENT OF THE STATE OF VEGETATION COVER OF THE CENTRAL PART OF THE KUR-ARAZ LOWLAND

**K. Gasimova
R. Abdiyeva
V. Ali**

Summary. An assessment of the vegetation covers of the central part of the Kur-Araz lowland taking into account the indicators of species richness and hemerobia was carried out. In the study area, 13 characteristic types of communities were identified. On the basis of the collected field material, it was established that ephemeral, shrub, forest communities, as well as communities of the sides of railway tracks and fallows, are characterized by the greatest species diversity. The calculated values of the apophytization index indicate that in pasture communities these indicators are significantly lower than in wetlands and higher than in communities located in the area of direct human impact (in shrub, hollow-meadow, roadsides, railways, channels and fallow lands).

Keywords: Kur-Araz lowland, vegetation, communities, transformation, species composition, biodiversity, hemerobia.

Гасимова Хатира Гасан

Аспирант, Институт Ботаники, Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
Xatira1987@gmail.com

Абдыева Рена Тахмазовна

К.б.н., доцент, Институт Ботаники, Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
abdiyeva.rena@mail.ru

Али-заде Валида Мовсум

Д.б.н., профессор, Институт Ботаники, Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
vm_alizade@yahoo.com

Аннотация. Проведена оценка растительного покрова Центральной части Кура-Аразской низменности с учетом показателей видового богатства и гемеробии. На исследуемой территории выделено характерных типов сообществ. На основе собранного полевого материала установлено, что наибольшим видовым разнообразием характеризуются эфемерные, кустарниковые, лесные сообщества, а также сообщества обочин железнодорожных путей и залежей. Рассчитанные величины индекса апофитизации указывают, что у пастбищных сообществ эти показатели значительно ниже, чем у водно-болотистых и выше, чем у сообществ, находящихся в зоне прямого воздействия человека (в кустарниковых, чально луговидных, обочин дорог, железнодорожных путей, каналов и залежей).

Ключевые слова: Кура-Аразская низменность, растительность, сообщества, трансформация, биоразнообразие, гемеробия.

Введение

Хозяйственная деятельность человека всегда сопровождается снижением качественного и количественного состава флоры эксплуатируемых территорий, упрощением структуры и снижением продуктивности растительных сообществ, и заменой их производными вариантами [1]. Поскольку растения могут служить биодикторами состояния растительности [18], то оценка их альфа-разнообразия и установление статуса гемеробии [3, 13, 17] можно считать одним из наглядных и эффективных методов. Оценка видового богатства позволяет установить уровень разнообразия и составить представление о состоянии флоры изучаемой местности [19]. Концепция же гемеробии применима для измерения степени воздействия человека на флору, растительность и экосистемы в целом [20, 22]. Суть ее заключается в том, что виды-геме-

робы принимаются как интегральная мера воздействия вмешательства человека в экосистемы [23, 25].

Кура-Аразская низменность (КАН) в географическом отношении является частью Арало-Каспийской низменности, крупнейшим аграрным регионом Азербайджана [6, 9]. На протяжении столетий растительность КАН служила зимними пастбищами для животноводства. В настоящее время большая часть территории занята поливными культурами, постоянно расширяются сельскохозяйственные площади, из-за чего происходит антропогенная естественной растительности, ее засорение сеgetальными (сорно-полевыми) и рудеральными (сорными) видами растений [11]. Все эти процессы протекают на фоне аридизации климата. В результате намечаются тенденции нарушения видовой и структурной организации фитоценозов, ведущие к опустыниванию [7]. В свете вышеизложенного

целью настоящей работы являлось выявление основных групп растительных сообществ Центральной части КАН, оценка их видового разнообразия и степени антропогенной нарушенности.

Материалы и методы

Центральная часть КАН, включает Кюрдамирский и частично прилегающие к нему Гаджи-Габульский и Уджарский административные районы. Исторически район исследования служит зимними пастбищами. Здесь насчитываются около 60 населенных пунктов, в окрестностях которых в последние годы помимо выпаса осуществляется и другая активная хозяйственная деятельность (организация фермерских хозяйств, расширение инфраструктуры и т.д.). Территорию района пересекают одна из крупнейших рек Закавказья Кура и Верхне — Ширванский водный канал, а также авто — и — железнодорожная сеть [6].

Рельеф территории — равнина, в которой встречаются небольшие чалы, представляющие собой понижения различной глубины (до 1,5 м), ширины (от 1 до 3 м) и формы (округлой, продольной). В них скапливается влага атмосферных осадков или периодически поднимающиеся грунтовые воды. В местах произрастания галофитов кустарников, полукустарников и кустарничков наблюдается бугристый солончак. Климат характеризуется мягкой зимой и сухим жарким летом. Годовая сумма осадков составляет в среднем 200–400 мм; среднегодовая температура около +14,5 °С, среднемесячная температура января +1,4 °С, июля +27,3 °С, наиболее жаркий месяц август, когда температура воздуха достигает +45 °С; число безморозных дней в году колеблется от 235 до 265; влияние моря выражается в увеличении абсолютной влажности воздуха, что благоприятно сказывается на растительности [6]. Значительную часть территории составляют глинистые солончаки с сульфатным и хлоридным типами засоления, индикаторами которых являются растения галофиты кустарники, кустарнички и однолетники. Фрагментарно встречаются лугово-болотистые, серозёмные и лугово-серозёмные почвы, привязанные к окраинам рек и озерца. Для гидротермического режима почвенного покрова характерен короткий по времени весенний влажный период с глубоким увлажнением почвенного профиля зимне-весенними осадками и сопровождающийся активностью синузиды эфемеров и эфемероидов и длительный летний жаркий засушливый период с наличием в почвенном профиле плёночно-капиллярных токов и замедлением биологической активности [9]. Полевые наблюдения и сбор материала проводили в 2019 г. в пик массового развития травостоя. Объектами исследования служили естественные сообщества и сообщества синантропизированных местообитаний (населенные

пункты, обочины транспортной и железнодорожной сети, ограды, залежи, водные каналы — архи и т.д.). Растительность изучали с применением общепринятых в фитоценологии подходов [8, 12, 16]. Выбиралась местообитания с характерной растительностью. По доминантному и видовому составу сообщества разделяли на 13 типов: 1) эфемерные злаковые (ЭЗ); 2) эфемерные разнотравно-злаковые (ЭРЗ); 3) эфемерные бобово-разнотравно-злаковые (ЭБРЗ); 4) полынно — солянково — эфемерные (ПСЭ); 5) солянково-эфемерные (СЭ); 6) чально-луговидные (ЧЛУ); 7) кустарниковые (КУС); 8) лесные (ЛЕС); 9) водно-болотистые (ВБ); 10) обочин каналов (ОК); 11) сообщества дорожных обочин (ДО); 12) сообщества железнодорожных обочин (ОЖД); 13) сообщества залежей (ЗАЛ). В них закладывались модельные площади размером 100x100 м, на которых проводились стандартные геоботанические описания. Видовое разнообразие оценивали несколькими наиболее популярными индексами: видового богатства Маргалефа (D_{Mg}) и Менхиника (D_{Mn}), Шеннона (H'), выравненности Бергера-Паркера (D_{BP}), доминирования Симпсона (D_s) [5, 10, 15, 19].

Для изучения гемеробности растительности применялись принципы, предложенные Jalas J. (1955), Schlüeter H. (1987), Frank D. and Klotz S. (1990), Ишбирдиным А.Н. (2012), Ишмурзиной М.Г. (2015) и др. [2, 4, 21, 22, 24]. Зарегистрированные на площадках виды группировали следующим образом. Группа апофитов, включает а-виды (агемеробы) виды естественных сообществ, уязвимые к антропогенному воздействию, о-виды (олигогемеробы) виды естественных сообществ, выносящие слабое антропогенное влияние и т-виды (мезогемеробы) виды естественных сообществ, испытывающих экстенсивное антропогенное влияние. Группа антропофитов, включает б-виды (β-эугемеробы) — виды сообществ, далеких от естественных и устойчивые интенсивной эксплуатации, с-виды (α-эугемеробы) — сорные представители природных и антропогенных сообществ, переносимые регулярные и сильные нарушения, р-виды (полигемеробы) — растения, выращиваемые в культуре и типичные рудеральные растения, выносящие сильные и частые нарушения местообитаний; т-виды (метагемеробы) — виды полностью деградировавших экосистем и искусственных сообществ. В зависимости от соотношения гемеробных фракций выделялись стадии антропогенной трансформации: агемеробная — благополучная стадия без воздействия человека; олигогемеробная — стадия слабого воздействия, мезогемеробная — стадия умеренного воздействия человека, β-гемеробная — умеренно-сильные воздействия человека, α-гемеробная — сильное антропогенное воздействие, полигемеробная — чрезмерное воздействие человека, метагемеробная — биоценоз разрушен [14]. Для оценки степени трансформации растительных со-

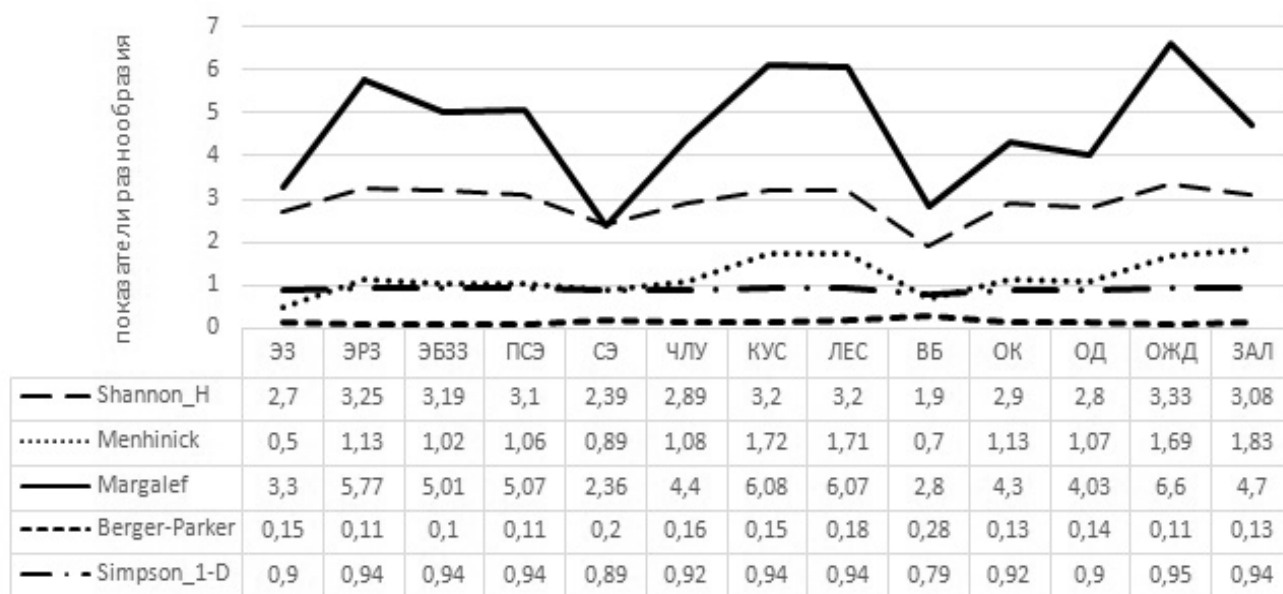


Рис. 1. Показатели видового α -разнообразия растительных сообществ.

обществ также рассчитывался индекс апофитизации, т.е. отношение числа апофитов к числу антропофитных видов в конкретном сообществе. Построение дендограммы сходства видового состава сообществ и статистические расчеты проводили в программном обеспечении Past 3. версии Windows 2007 с использованием пакета Microsoft Excel.

Результаты

В районе исследований нами выделены 13 характерных сообществ. Эфемерные злаковые — доминанты — *Bromus rubens* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Bromus japonicus* Thunb., *Lolium rigidum* Gaudin, *Eremopyrum triticeum* (Gaertn.) Nevski, *Aegilops cylindrica* Host, *Hordeum murinum* subsp. *leporinum* (Link) Arcang. и др.; ПП- 90%). Эфемерные разнотравно-злаковые — доминанты — *Filago pyramidata* L., *Matricaria recutita* L., *Senecio leucanthemifolius* subsp. *vernalis* (Waldst. & Kit.) Greuter, *Calendula arvensis* (Vaill.) L., *Taraxacum desertorum* Schischk., *E. crus-galli* (L.) Beauv., *Tragopogon graminifolius* DC., *A. cylindrica*, *B. rubens* и др.; ПП- 90%). Эфемерные бобово-разнотравно-злаковые доминанты — *Medicago rigidula* (L.) All., *M. minima* (L.) L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *T. desertorum*, *Veronica persica* Poir. и др.; ПП- 100%. Полынно — солянково — эфемерные — доминанты *Artemisia fragrans* Willd., *Salsola nodulosa* (Moq.) Iljin, *Torularia contortuplicata* O. Schulz., *T. desertorum* и др., ПП- 60%. Солянково-эфемерные — доминанты — *Kallidium caspicum* (L.) Ung. -Sternb., *Suaeda dendroides* (C.A. Mey.) Moq., *Salsola dendroides* Pall., *Frankenia hirsuta* L., *Psylliostachys spicata* (Willd.)

Nevsky, и др.; ПП- 60%. водно-болотистые — доминанты *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Alopecurus arundinaceus* Poir., *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty, *Typha angustifolia* L. и др.; ПП- 90–100%. Чально-луговидные — доминанты *Alhagi pseudalhagi* (M. Bieb.) Desv.ex B. Keller et Shap., *Glycyrrhiza aspera* Pall., *Cichorium intybus* L., *Limonium meyeri* (Boiss.) O. Kuntze и др.; ПП-40%. Кустарниковые — доминанты *Tamarix ramosissima* Ledeb., *T. Meyeri* Boiss., *Rubus caesius* L., *C. intybus*, *Geranium dissectum* L. и др.; ПП-50%. Лесные — доминанты *Salix alba* L., *Elaeagnus angustifolia* L. и др. ПП- 80%. Сообщества обочин каналов — доминанты *Mentha longifolia* (L.) L., *Mentha aquatica* L., *Prunella vulgaris* L., *Elymus repens* (L.) Gould, *Urtica urens* L. и др.; ПП –70%. Придорожных — доминанты *G. aspera*, *C.intybus*, *Plantago lanceolata* L., *Geranium molle* L., *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Carthamus lanatus* L. и др.; ПП- 70%, железно-дорожных обочин — доминанты *Atriplex aucheri* Moq., *Onopordum acanthium* L., *S. leucanthemifolius* subsp. *vernalis* (Waldst. & Kit.) Greuter, *Petrosimonia brachiata* (Pall.) Bunge. и др.; ПП- 60%, а также сообщества залежей — доминанты *Cressa cretica* L., *S. marianum* (L.) Gaertn., *C. vulgare*, *Erigeron canadensis* L., *Xanthium spinosum* L. и др.; ПП- 60%. Первые 5 относятся к пустынному и полупустынному типам растительности; остальные соответственно к водно-болотистому, мезогалофильному луговому, кустарниковому, лесному и сорному рудерально-сегетальному. Видовое разнообразие растительного покрова характеризуется неравноценностью. Несмотря на некоторые расхождения, связанные с различной чувствительностью рас-

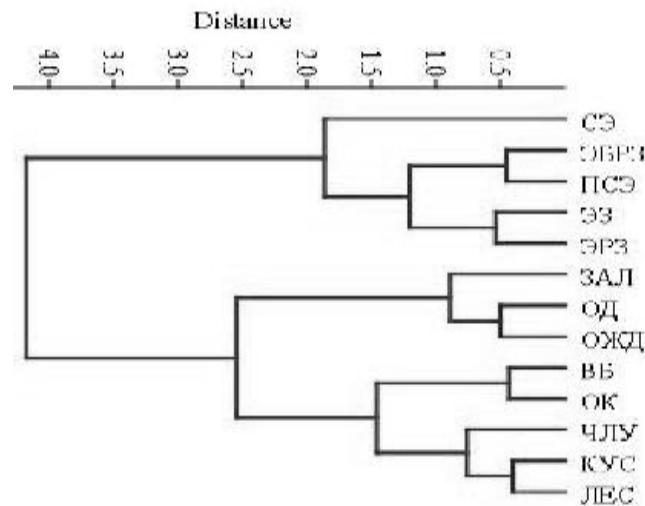


Рис. 2. Дендограмма видового сходства растительных сообществ

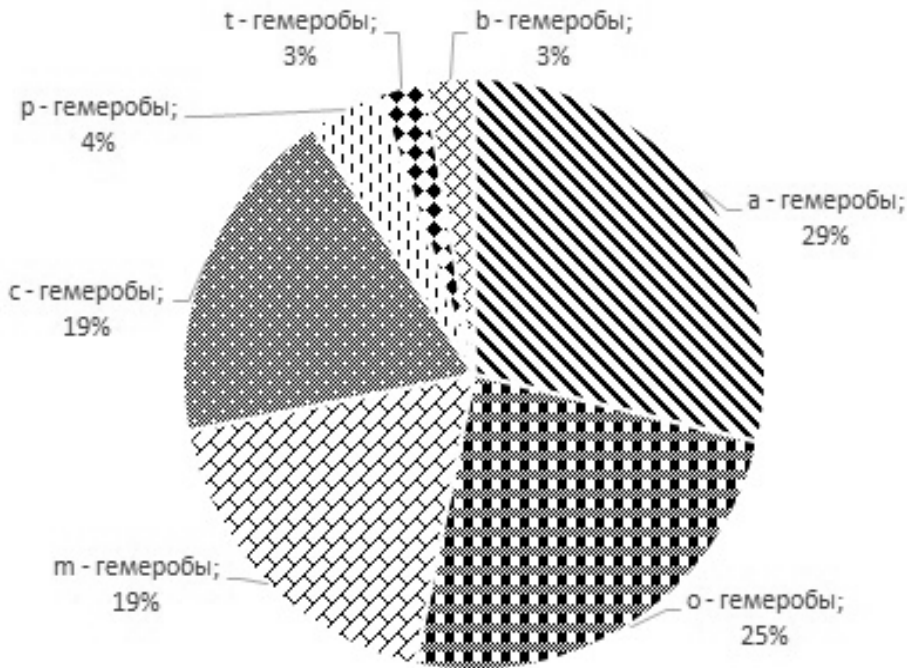


Рис. 3. Общее содержание гемеробных фракций в растительном покрове

считанных индексов, в целом кривые разнообразия характеризуются схожими отрицательными и положительными пиками (рис. 1). Наиболее высокие значения у эфемерово-разнотравно-злаковых (Н - 3,25; Мп -1,18; Мг — 5,77), эфемерово-бобово-разнотравно-злаковых (Н -3,19; Мп -1,02; Мг -5,01), лесных (Н -3,2; Мп -1,71; Мг -6,08), кустарниковых (Н -3,2; Мп-1,72; Мг — 6,08) сообществ, а также сообществ железнодорожных обочин (Н - 3,33; Мп — 1,69; Мг — 6,6) и залежей (Н - 3,08; Мп -1,83; Мг — 4,7). У полынно-солянково-эфемеровых (Н -3,1; Мп — 0,89; Мг — 5,07), чально-луговидных (Н -

2,89; Мп — 1,08; Мг — 4,4) и сообществ обочин дорог (Н-2,8; Мп -1,07; Мг — 4,03) показатели чуть ниже.

Низким видовым богатством характеризуются солянково-эфемеровые (Н - 2,39; Мп — 0,89; Мг -2,36) и водно-болотистые (Н - 1,9; Мп -0,7; Мг -2,8). Индекс доминирования во всех сообществах варьирует от 0,1 до 0,2, а индекс выравненности находится в пределах 0,9-0,8, что указывает на нарушенную всех структуру сообществ. Дендрограмма близости видового состава сообществ выделяет 2 группы (рис. 2). Первая объеди-

Таблица 1. Индекс апофитизации в растительных сообществах

№	Сообщество	Общее число видов	Фракция гемеробов							Индекс апофитизации
			Апофиты			Антропофиты				
			a	o	m	b	c	p	t	
1	ЭЗ	34	5	8	12	0	7	1	0	4,25
2	ЭРЗ	58	15	15	14	1	12	1	0	3,14
3	ЭБРЗ	50	12	12	13	2	11	0	0	2,84
4	ПСЭ	32	10	9	4	0	6	3	0	2,6
5	СЭ	18	3	7	5	0	2	1	0	5,0
6	КУС	39	7	5	10	1	12	2	2	1,3
7	ВБ	15	9	4	2	1	0	0	0	15,0
8	ЧЛУ	43	3	9	13	0	15	1	2	1,4
9	ЛЕС	51	12	10	13	2	8	2	4	2,9
10	ОД	54	6	7	15	2	18	4	2	1,1
11	ЗАЛ	42	0	3	11	3	16	5	4	0,5
12	ОЖД	39	3	4	11	0	13	6	2	0,85
13	ОК	38	3	9	11	1	10	1	3	1,53

няет естественные пустынные и полупустынные сообщества с полукустарниками, кустарничками и хорошо развитой синузией эфемеров. Сюда входят виды и сообщества, исторически привязанные к засоленным местообитаниям. Вторая разделяется на 2 подгруппы: сообщества естественных (ВБ, ЛЕС, ЧЛУ), полустественных (ОК, ОЖД) и синантропных местообитаний (ОД, ЗАЛ), находящихся в условиях нормального и умеренного увлажнения и слабой засоленности субстрата.

Из 152 видов, зарегистрированных в растительных сообществах более половины (71%) приходится на долю апофитов. Из них а-гемеробы составляют 28%; о, m — фракции, соответственно — 24%, 19%. Из антропофитов большинство составляют с — гемеробы (19%), на остальные же группы приходится по 3–4% (всего 29%) (рис. 3).

Однако нужно отметить, что доля апофитов распределяется по растительным сообществам неравномерно. В одних из них эти виды представлены обильно, а в других присутствуют незначительно, либо вообще отсутствуют.

Сообщества обочин каналов, дорог, залежей и железнодорожных путей, находящихся в зоне прямого антропогенного влияния, характеризуются преобладанием с — гемеробов. Поэтому их можно охарактеризовать как находящиеся на эугемеробной стадии трансформации (сильное воздействие человека). Они, как правило, являются очагами размножения для сорных и в том числе инвазивных растений. Наиболее благополучными можно считать водно-болотистые сообщества, находящиеся на агемеробной стадии (без

воздействия человека) и солянково-эфемерные сообщества — огемеробная стадия (слабое воздействие человека). Рассчитанные индексы апофитизации имели следующие значения: у эфемерово-злаковых — 4,25, эфемерово-злаково-разнотравных — 3,14, солянково-эфемерных — 5,0, эфемерово-бобово-злаково-разнотравных — 2,84, полынно-солянково-эфемерных — 2,6, низинных лесов — 2,9. У сообществ, находящихся в зонах прямого контакта с человеком (кустарниковые, чально-луговидные, сообщества обочин дорог, железнодорожных путей, каналов и залежей значения составили) индекс апофитизации имеет значение — 0,5–1,2. Самый высокий индекс у водно-болотистых сообществ — 15,0. (табл. 1).

Обсуждение

На исследуемой нами территории эфемерные злаковые, эфемерные разнотравно-злаковые, эфемерные бобово-разнотравно-злаковые сообщества составляют основную травянистую массу растительного покрова. Как следует из названий, одни из них образуются исключительно злаками с единичным присутствием разнотравья, другие, разнотравно-злаковые, наряду со злаками включают разнотравных представителей. В бобово-разнотравно-злаковых сообществах основная доля приходится на виды бобовых из родов *Medicago* L., *Trifolium* L., *Melilotus* Mill. Встречаются также варианты эфемеров с видами солянок и полыню. Число видов в этих сообществах может достигать 20–25, а ПП зависит от количества выпадающих в ранневесенний период осадков и может достигать 90–100%. С повышением же температуры воздуха оно сокращается в 2–3 раза и в последней декаде мая си-

нузия эфемеров полностью выгорает. По хозяйственному значению перечисленные сообщества являются кормовыми угодьями, в которых также встречаются красильные, лекарственные и другие полезные группы растений. Поэтому они являются наиболее уязвимыми к антропогенному воздействию.

Следующей по территориальной значимости является водно-болотистая растительность (*Phragmites*), которая размещается вдоль побережья р. Куры, в акватории каналов, в окрестностях небольших мелких озер, а также многочисленных мелких болотистых участков, образованных в местах высокого залегания грунтовых вод. В кустарниковом типе доминируют виды родов гребенщик, тамарикс (*T. ramosissima* и *T. meyeri*) и ежевики (*R. caesius*). Гребенщики в районе исследования произрастают в различных экологических условиях — от пресных почв до засоленных с различным режимом увлажнения. Однако больше тяготеют к слабо засоленным местам с повышенной увлажненностью или высоко залегающими грунтовыми водами. В настоящее время они являются неотъемлемым спутником прибрежной растительности, замещая остаточные от вырубки низинные леса. Поскольку район исследования изобилует чалами и другими отрицательными формами микрорельефа, то здесь формируется специфичная чально-луговая растительность, в составе которой доминируют мезофильные представители разнотравных многолетников и кустарников. Формирование и развитие этой растительности определяется экологическими условиями их местообитания. Они приурочены к понижениям микрорельефа, где для них создаются благоприятные условия. В основном она привязана к солонцевато-солончаковым и лугово-серо-земным почвам. В районе исследования в настоящее время формируется новый вариант леса — адвентивный, который является следствием некогда активно проводившейся интродукции древесных видов *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle и *Robinia pseudoacacia* L. Образующиеся в таких местах труднопроходимые заросли постепенно вытесняют *Populus canescens* (Ait.) Smith. и другие древесные виды. Сообщества обочин каналов, дорог и железнодорожных путей, а также залежей нельзя назвать абсолютно сорными, но и к естественно-природным сообществам их уже отнести нельзя, т.к. наравне с видами естественной флоры — *A. pseudalghi*, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *G. glabra*, *Ph. australis*, *P. x canescens*, *S. dendroides*, *Stellaria holostea* L., *Matricaria matricarioides* (Less.) Porter и др. в равной степени в них присутствуют рудеральные растения *Sonchus oleracea* L., *Sonchus asper* (L.) Hill., *H. murinum subsp. leporinum*, *S. leucanthemifolius subsp. vernalis*, *S. vulgaris* L., *Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre, *Carduus pycnocephalus subsp. marmoratus* (Boiss. & Heldr.) P.H. Davis и инвазивные виды *A. altissima*, *R. pseudoacacia*, *X. strumarium*, *X. spinosum*,

Chenopodium album L., *Arundo donax* L., *Amaranthus retroflexus* L. и др.

Оценка видового разнообразия показала, что наиболее высокие значения у эфемерово-разнотравно-злаковых, эфемерово-бобово-разнотравно-злаковых, лесных, кустарниковых сообществ, а также сообществ железнодорожных обочин и залежей. У полынно-солянково-эфемеровых, чально-луговидных и сообществ обочин дорог показатели чуть ниже. Низким видовым богатством характеризуются солянково-эфемеровые и водно-болотистые сообщества, что, скорее всего, связано с экологическими условиями их местообитания. В первом случае это высокая засоленность почв, индикаторами чего являются такие галофиты как *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Salsola dendroides* Pall., *Suaeda dendroides* (C.A. Mey.) Moq., а также индикаторы вторичного засоления *Climacoptera crassa* (M. Bieb.) Botsch., *Petrosimonia brachiata* (Pall.) Bunge. Во втором же причиной является высокая гигрофитность и гидрофитность субстратов, ограничивающих возможность проникновения сюда других экологических групп и создающих межвидовую конкуренцию за среду обитания. Сообщества с высокими и средними значениями индексов, как правило, достигают этих показателей за счет хорошо развитой синузии эфемеров.

Видовой состав изученных сообществ представлен как апофитами так и антропофитами, проникшими сюда в результате хозяйственной деятельности человека. Однако доля участия и соотношение между ними различаются. Анализ соотношения гемеробных групп показал, что растительности преобладают виды, выдерживающие умеренное антропогенное воздействие (т-гемеробы) и виды, выносящие регулярные и сильные нарушения ценозов (с-гемеробы), что свидетельствует об слабо удовлетворительном состоянии (рис. 5). Эти группы при продолжающемся бессистемном выпасе крупного и мелкого рогатого скота, сенокосе, проводимом в период цветения травостоя и организации все новых фермерских хозяйств, в ближайшем будущем увеличит свою численность и качество видового состава растительных сообществ снизится. Фракции а- о-гемеробов имеют подчиненное значение: а-гемеробы составляют основу водно-болотистых сообществ, о-гемеробы полынно-солянково-эфемеровых, солянково-эфемеровых и частично присутствуют в водно-болотистых и чально-луговидных. Таким образом, наиболее благополучными в отношении синантропизированности можно считать малодоступные и значительно удаленные от населенных пунктов водно-болотистые сообщества, находящиеся на агемеробной стадии (без воздействия человека) и развивающиеся на солончаках полынно-солянково-эфемеровые и солянково-эфемеровые сообщества — оге-

меробная стадия (слабое воздействие человека). Сообщества обочин каналов, дорог, железнодорожных путей и залежей, находящихся в зоне прямого антропогенного влияния, характеризуются преобладанием с — гемеробов, т.е. находятся на эугемеробной стадии трансформации (сильное воздействие человека). Последние, как правило, являются очагами размножения для сорных и в том числе инвазивных растений.

Выводы

Сообщества Центральной части КАН имеют разную степень видового разнообразия и синантропизации.

На их показатели оказывают влияние почвенные условия (засоленность, режим увлажнения) и деятельность человека. В связи с постоянным расширением заброшенных, нарушенных и замусоренных экотопов повсеместно встречается и прогрессирует рудерально — сеgetальная растительность, которая активно внедряется в антропогенно трансформированные территории — пастбища. Проведенное исследование показало, что растительный покров территории требует дальнейших исследований и разработки мероприятий по восстановлению флоры путем подсева семян в природе, а также интродукции ценных кормовых, пищевых, лекарственных и других видов растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчаковский П.Л., Харитонов О.В. Синантропизация растительного покрова Печоро-Илычского Биосферного заповедника в высотном градиенте. Экология. 2007. № 6. С. 403–408.
2. Ишбирдин А.Р. Анализ парциальных флор прибрежно-водных сообществ Якутии по степеням гемеробии // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 1 (17). С. 1812–1815.
3. Ишмуратова М.М., Ишбирдин А.Р., Суюндуков И.В. Использование показателя гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей Южного Урала и устойчивости растительных сообществ // Биологический вестник. 2003. Т. 7. № 1–2. С. 33–35.
4. Ишмурзина М.Г., Барлыбаева М.Ш. Гемеробиальность синантропных и синантропизированных сообществ южно-уральского заповедника. Вестник Удмуртского Университета. сер. Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. № 2. С. 77–81.
5. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривоулицкий Д.А. Биологическое разнообразие. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС. 2004. 432 с.
6. Мамедов Г. Национальный Атлас Азербайджанской Республики, Баку. 2014. 244 с. (на азерб.яз.)
7. Мансимов М.Р. Воздействие изменения климата на процессы опустынивания в Азербайджане. Водная Конференция. Санкт-Петербург. 2019. С. 56–61.
8. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломец А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос. 2001. 261 с.
9. Мусеибов М.А. Физическая география Азербайджана. Баку. 2000. 47 с. (на азерб.яз.)
10. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 1992. 184 с.
11. Набиева Ф.Х. Процесс опустынивания в Кура-Араксинской низменности и Приараксинской равнинах и его влияние на биоразнообразии флоры. автореф. дис., докт. биол. наук. Баку. 2017. 1–50 с. (на азерб.яз.)
12. Шенников А.П. Введение в геоботанику. 1964. 447 с.
13. Dymond J.R., Stephens P.R., Newsome P.F., Wilde R.H. Percentage vegetation cover of a degrading rangeland from SPOT // International Journal of Remote Sensing. 1992. Vol. 13. N. 11. P. 1999–2007.
14. Jackowiak B. The hemeroby concept in the evaluation of human influence on the urban flora of Vienna // Phytocoenosis. 1998. Vol. 10. P. 79–96.
15. Jost L. Partitioning diversity into independent alpha and beta components // Ecology. 2007. Vol. 88, N. 10. P. 2427–2439.
16. Pedrotti F. Plant and Vegetation Mapping (Geobotany Studies) 2013 edition by Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2013. Vol. 5, N. 3. P. 275.
17. Steinhardt U., Herzog F., Lausch A., Müller E., Lehmann S. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. — In: Pykh, Y.A., Hyatt, D.E., Lenz, R.J. (eds) // Environmental Indices — System Analysis Approach. 1999. Oxford, EOLSSPubl., P. 237–254.
18. Walz U., Stein C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany // Journal for Nature Conservation. 2014. Vol. 22, N. 3. P. 279–289.
19. Whittaker R. Evolution and measurement of species diversity // Taxon. 1972. Vol 21. P. 213–251.
20. Blume H.P. & Sukopp H. Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen // Schriftenreihe für Vegetationskunde. 1976. Vol. 10. P. 75–89
21. Frank D., Klotz S. Biologisch-oekologische Daten zur Flora DDR. Martin Luther Universitaet, Halle — Wittenberg. 1990. 167 p.
22. Jalas J. Hemerobe und hemechore Pflanzenarten // Einterminologischer Reformversuch, Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica. 1955. Vol. 72, N. 11. P. 1–15.
23. Kowarik, I. Zummenschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation: The oretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West) // Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. 1988. N56. P. 1–280.
24. Schlüter H. Vegetationsmerkmale zur Kennzeichnung und Bewertung von Hemerobie und ökologischer Stabilität. Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Teil. II. Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. 1987. 25. P. 13–19.
25. Sukopp H. Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. // Schriftenreihe für Vegetationskunde. 1976. N10. P. 9–26.

© Гасымова Хатира Гасан (Xatira1987@gmail.com), Абдыева Рена Тахмазовна (abdiyeva.rena@mail.ru),

Али-заде Валида Мовсум (vm_alizade@yahoo.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ LILIUM MARTAGON L. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

BIOMORPHOLOGICAL FEATURES OF LILIUM MARTAGON IN THE CONDITIONS OF NORTHERN AND NORTHEASTERN ALTAI

**S. Petyнина
O. Safonova
N. Khudyakova
L. Konokpoeva
N. Shmakova**

Summary. In the North-Eastern and Northern Altai, the marchon lily has recently been found not often, including in the vicinity of the city of Gorno-Altaysk, it grows in places subject to anthropogenic impact and uncontrolled destruction of the natural habitat (Mount Tugaya and Mount Komsomolskaya). The study of the variability of morphological characters and the influence of the environment on their formation, contribute to an increase in the quality of plant reintroduction and the restoration of natural populations.

Keywords: Lilium martagon L., morphological characters, variability, population.

Петунина Светлана Сергеевна

Горно-Алтайский государственный университет
petunina-sveta@mail.ru

Сафонова Оксана Владимировна

К.с.-х.н., доцент, Горно-Алтайский государственный университет
oksvarias@mail.ru

Худякова Надежда Ефремовна

К.б.н., доцент, Горно-Алтайский государственный университет
Nch752@bk.ru

Конокпоева Любовь Александровна

Горно-Алтайский государственный университет
konokpoeva92@gmail.com

Шмакова Наталья Юрьевна

Горно-Алтайский государственный университет
Nataliashmakova1998@gmail.com

Аннотация. В Северо-Восточном и Северном Алтае лилия мартагон последнее время встречается не часто, в том числе и в окрестностях г. Горно-Алтайска, произрастает на местах подверженных антропогенному воздействию и неконтролируемому разрушению естественной среды обитания (гора Тугая и гора Комсомольская). Изучение изменчивости морфологических признаков и влияния среды на их формирование, способствуют повышению качества реинтродукции растений и восстановлению природных популяций.

Ключевые слова: Lilium martagon L., морфологические признаки, изменчивость, популяция.

Введение

Проблема сохранения, рационального использования и обогащения видового и сортового разнообразия цветочно-декоративных растений путем интродукции и селекции является важной и достаточно актуальной в настоящее время. Это ведет к необходимости изучения биологического потенциала растений в различных регионах. Изучение биоморфологических признаков растений позволяет судить не только о внешнем виде растений и состоянии популяции в целом, но и оценить перспективу использования данных особей в селекционных целях. Но последнее время усилился процесс антропогенного воздействия на естественную среду произрастания лилий и ранее распространенный повсеместно в окрестностях г. Горно-Алтайска вид становится все более редким.

Морфологические особенности лилий изучались в прошлом веке [1, 4, 10] и в наше время [8, 9] в том числе и уделялось внимание изучение сортов лилий в условиях Горного Алтая [5, 6, 7], но очень мало работ посвящено изучению лилии кудреватой в условиях Алтая.

Основным ограничивающим фактором для выращивания многих видов и гибридных групп в Сибири является температура воздуха и почвы. Наиболее теплолюбивые виды и сорта, созданные на их основе, неперспективны для выращивания в условиях открытого грунта Сибири:

1. из-за короткого вегетационного периода (виды и сорта, цветущие в очень поздние сроки — в конце лета — начале осени, например, виды Японии);
2. из-за слабой зимостойкости (виды Средиземноморья или другие с южными ареалами);

3. из-за периодически повторяющихся поздних является сильных возвратных заморозков (неморозостойкие виды и сорта).

Таким образом использование в селекции вида, который произрастает в данных условиях является актуальным, так как он наиболее приспособлен к сложившимся на данной территории климатическим условиям.

Методы и материалы исследования

За основу для исследования взята методика Злобина Ю.А. [3] адаптированная под исследуемый нами вид.

При популяционных исследованиях основным является изучения морфологических особенностей растений. Любая особь растения характеризуется определенным набором признаков, которые вступают в качестве параметров ее морфологического статуса.

В данном исследовании ключевым стал один из статистических параметров: метрический. За основные критерии взяты признаки: высота растения, длина соцветия, длина и ширина листа, толщина стебля, диаметр цветка, количество бутонов, число одновременно открытых цветков, длина пестика длина тычинки.

На основании имеющихся данных о ряде промеров, можно проследить рост отдельных частей растений и показать в динамике строение ее генеративных и вегетативных органов

Пластичность проявляется в обратимости структур и функций организма при воздействии новых условий жизни. Как правило, пластичность является адаптивной и обеспечивает сохранение жизненной силы особи.

Одни из методов обнаружения пластичности является сопоставление средних арифметических значений для растений разных популяций, разных условий обитания [3].

Исследования проводились в период с 2019 г. по 2020 г.

Эксперимент с культивированием лилий был заложен согласно Методике полевого опыта [2].

Дикорастущие формы выявлены в 2х популяциях:

Южный склон горы Тугая

Гора высота которой составляет 635 м. над уровнем моря, западный склон которой соприкасается с рекой Майма, биоценоз характеризуется произрастанием растений разных семейств с преобладанием злаковых

трав. Травостой довольно густой. Совокупность особей видов на вершине горы Тугая, можно отнести к лесным сообществам с доминированием: в древесном ярусе — сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), в травяно-кустарниковом ярусе ярко выражены такие виды как земляника лесная (*Fragaria vesca*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), осока приземистая (*Carex supina*), лилейник желтый (*Hemerocallis lilioasphodelus*) и др.

Северный склон горы Комсомольской.

Высота горы 428м, обмывается с левобережья рекой Маймой.

В основном склон занят березовым лесом, но иногда встречаются посадки хвойных деревьев: пихтой сибирской (*Abies sibirica*), сосны сибирской (*Pinus sibirica*).

Травостой так же разнообразен, основные места занимают растения семейства зонтичных: дудник лесной (*Angelica sylvestris*), володушка золотистая (*Bupleurum aureum*). Так же встречаются разнообразные представители семейств лютиковых, розоцветных, гвоздичных, лилейных. В травостое встречаются папоротники.

Культивируемые формы рассматривались в 2х населенных пунктах Чойского район Республики Алтай: с. Ынырга и с.Чоя.

Результаты исследования и обсуждение

Сравнительный анализ природных популяций показал, что существуют достоверные отличия морфологических признаков растений между исследуемыми пробными площадками.

Lilium martagon на горе Тугая, представлена довольно большой популяцией, на территории в 2000 м² найдено около 400 особей данного вида в разных онтогенетических стадиях. Удаленность объектов между собой составляла 5–7 м.

Следует отметить, что растения произрастающие на Южном склоне горы Тугая имеют довольно широкий размах показателей по всем признакам. Это может быть связано с неравномерностью распределения объектов исследования по склону. Некоторые изученные объекты произрастали на открытом лугу с достаточным количеством света, а некоторые в тени деревьев, где им не хватает света. Неравномерность влажности и освещения это основные лимитирующие факторы для всех растений в том числе и для лилий. Таким образом, в хорошо освещенных участках горы находились более низкие формы, в то время как в менее освещен-

Таблица 1. Распределение морфологических признаков *Lilium martagon* L. (гора Тугая)

	Длина (мм)	Длина листа снизу (мм)	Длина листа сверху (мм)	Ширина листа (мм)	Длина цветоноса(мм)	Количество бутонов	Количество раскрытых бутонов	Толщина стебля (мм)	Диаметр цветка (мм)	Длина тычинки (мм)	Длина пестика (мм)
	930	130	75	15	90	8	5	5	30	25	25
	960	90	70	17	80	7	3	3	40	35	35
	1210	95	70	12	70	8	1	4	40	25	33
	950	110	60	13	70	6	3	3	40	20	30
	430	90	60	15	40	2	2	4	40	30	25
	800	90	60	15	80	9	1	3	45	3	25
	970	80	40	14	70	6	2	6	35	25	25
	910	120	50	16	70	8	2	5	35	35	20
	800	90	40	16	50	3	3	4	35	25	20
	950	120	70	17	90	9	6	5	40	30	25
	930	85	65	16	70	5	5	4	35	25	20
	650	80	50	16	65	3	2	6	30	20	20
	750	100	50	15	60	4	4	4	25	20	20
	1150	90	60	14	100	9	2	5	40	25	25
	620	60	50	12	30	4	2	4	30	20	—
	690	90	50	12	60	3	1	5	50	25	20
	680	110	50	115	60	8	2	4	35	25	20
	960	110	50	31	60	8	2	3	35	25	20
	860	75	65	15	30	7	3	4	45	35	30
	1130	85	55	15	40	8	4	5	40	30	25
	1235	90	65	15	100	9	3	3	35	35	30
	760	100	65	16	80	3	3	3	35	35	30
	690	95	55	17	50	6	2	3	25	25	20
	575	70	40	15	40	4	3	3	35	35	30
	1505	70	40	11	100	10	6	11	25	25	20
	730	80	50	11	45	4	—	3	—	—	—
	1200	130	90	14	60	8	4	4	60	25	20
	1250	120	90	15	55	7	5	5	50	45	45
	950	110	90	15	65	5	4	3	40	40	35
	790	60	40	15	50	3	3	3	30	30	25
	865	73	43	14	40	7	2	4	45	45	35
	755	75	40	15	35	4	4	4	50	45	45
	800	80	60	12	40	10	5	3	30	30	25
	465	70	45	12	30	5	3	3	40	35	35
	570	65	30	11	30	4	4	4	30	30	25
Ср.	870,6	91,1	56,7	17,7	60,1	6	3	4,1	41,7	36,1	32,2

Таблица 2. Распределение морфологических признаков *Lilium martagon* L. (гора Комсомольская)

	Длина (± 5 мм)	Длина листа снизу (± 5 мм)	Длина листа сверху (мм)	Ширина листа (мм)	Длина цветоноса (мм)	Количество бутонов	Количество раскрытых бутонов	Толщина стебля (мм)	Диаметр цветка (мм)	Длина тычинок (мм)	Длина пестика (мм)
	1200	160	50	15	70	6	3	7	35	25	25
	755	170	76	14	75	10	5	5	35	30	25
	740	97	55	14	63	4	1	5	25	35	30
Ср.	898,3	142,3	60,3	14,3	69,3	6	3	5,7	31,7	30,0	36,7

ном участке, в тени деревьев, были отмечены растения с большей шириной стебля.

Встретилась и такая форма у которой пестик отсутствовал, а так как физических повреждений обнаружено не было то можно судить о том что это генетическая мутация и это растение не сможет размножаться половым путем.

Изучение популяции на горе Комсомольской показало, что *Lilium martagon* встречается здесь в единичных экземплярах, хотя по опросам местных жителей до 60-х годов 20 века саранка, покрывала весь склон. Снижение численности растений скорее всего способствовало негативное влияние человека, так как на этом месте была обустроена горнолыжная трасса. Вовремя ее прокладки был поврежден верхний поверхностный слой почвы, а в дальнейшем при ее эксплуатации в летнее время осуществляется скашивание высокой травянистой растительности. В результате произошло существенное изменение условий существования растений. Единичные растения которые были отмечены, обнаружены по окраинам трассы на опушке посаженного в прошлом веке соснового бора.

При этом отмечаем, что высота растений, длина листа, длина цветоноса были больше, чем у растений произрастающих на г. Тугая.

Исследование растений произрастающих на приусадебных участках, которые были интродуцированы, дает возможность точно проследить за онтогенезом растений.

Так на первом участке находящемся в с. Чоя Чойского района растения произрастающие в тени плодовых деревьев, первой декаде мая достигли высоты 800 мм, лист снизу равен 50 мм, лист сверху — 30 мм, генеративные органы еще отсутствуют на этом этапе.

Вторая декада характеризуется появлением бутонов их среднее количество равно 8, и увеличением всех размеров в среднем на 15 мм, длина цветоноса равна 30 мм

На момент измерения в третьей декаде мая количество раскрытых бутонов равно 4, диаметр цветка — 60 мм, длина тычинок — 25 мм, длина пестика — 20 мм.

Второй участок находится в с. Ынырга Чойского района, — периодически затеняемый участок, на котором ведется регулярная прополка, по близости практически нет дикорастущих растений, посажены лишь единичные виды декоративных садовых растений.

В первой декаде мая высота составляет 600 мм, длина листа снизу и сверху равны 50 и 30 мм соответственно.

Появление бутонов так же появляется как и в первом случае во второй декаде мая их количество 4 шт., длина цветоноса в этот период составляет 25 мм, высота увеличилась на 270 мм, длинны листьев в среднем на 17 мм.

В третьей декаде высота растения составляет 1100 мм, из 4 бутонов распустилось 3, длина тычинок и пестика — 45 мм, длина листьев увеличилось на 20 мм.

Третий участок находится та же в селе Ынырга, лилия растет на хорошо освещенном участке вблизи автомобильной дороги.

Здесь в первой декаде мая исследуемое растение уже имеет бутоны в количестве 14 шт., цветонос имеет длину 40мм, длина составляет 700 мм, лист снизу 100 мм, лист сверху 70 мм.

Во второй декаде в основном изменилась только высота она увеличилась почти на треть и уже составляет 900мм, бутоны еще не распустились.

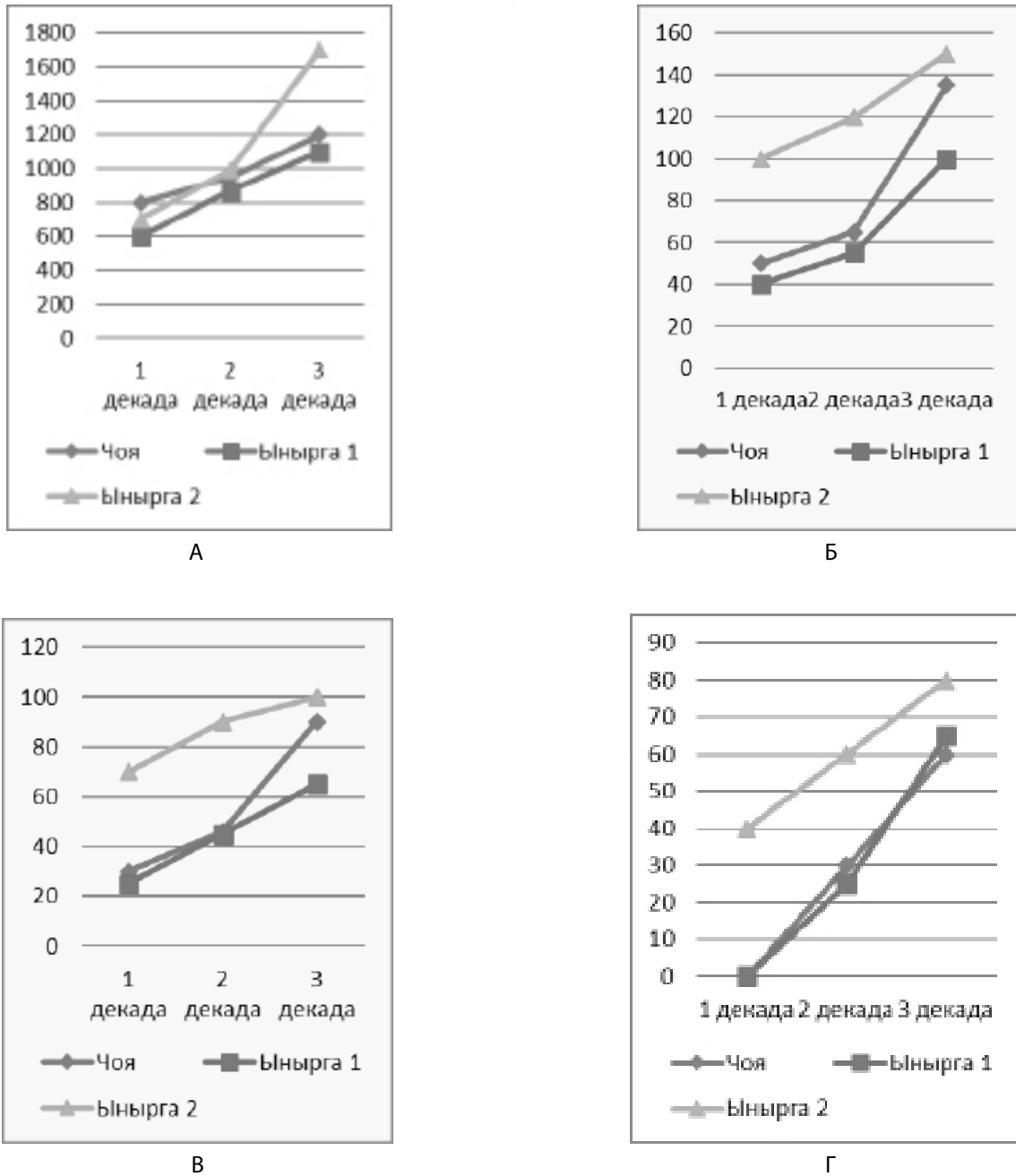


Рис. 1 (продолжение на стр. 17). Сравнительная характеристика разных промеров: А — высота растения, Б — длина листа снизу, В — длина листа сверху, Г — длина цветоноса

В третьей декаде из 14 бутонов 7 начали свое цветение длина пестика и тычинок равны 45мм.

Данные наблюдения позволяют судить о том что период бутонизации, начинается примерно в середине мая, цветение начинается в конце мая. Не зависимо от освещенности изменение высоты примерно происходят в одинаковых темпах, удостовериться в этом можно с помощью представленных ниже диаграмм.

Характер географической изменчивости сорта лилий рассмотрен с помощью многомерного анализа. В качестве статистической основы применен метод главных компонент (Ефимов, Ковалева, 2008; Hotelling, 1933). Анализировалось положение групповых центров в пространстве I и II главных компонент. Первая главная компонента снимает 46,01% исходной дисперсии. Все исходные признаки внесли в первую главную переменную сравнительно одинаковый положительный вклад. Иными словами первую компоненту можно

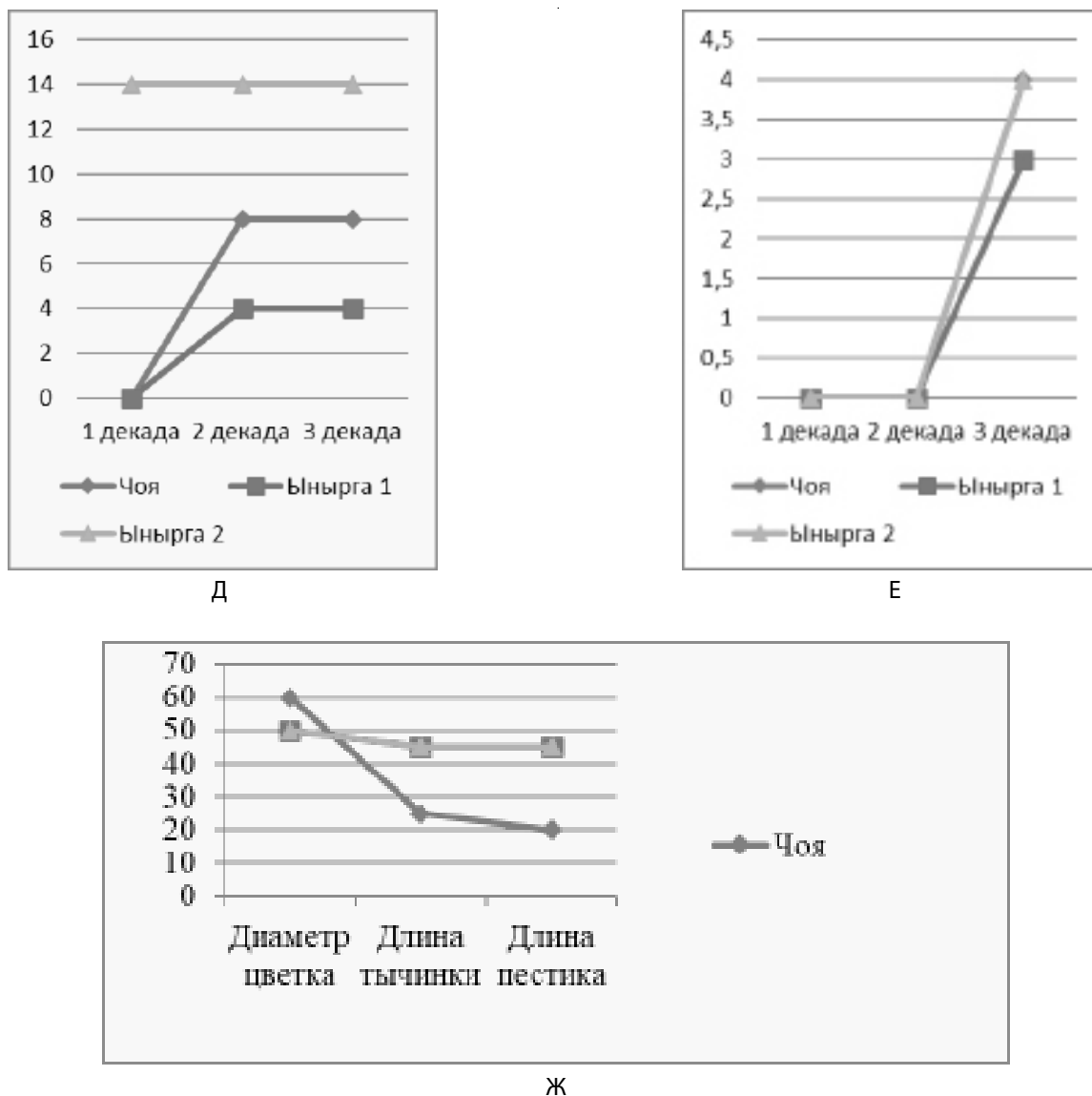


Рис. 1 (начало на стр. 16). Сравнительная характеристика разных промеров: Д — количество цветоносов, Е — раскрытых цветов.

считать размерной переменной. Вдоль вектора значений первой компоненты обнаруживаются достоверные отличия между лилиями из двух точек в окрестностях села Ынырга. Чойские и горноалтайские растения по этому показателю весьма однородны. В целом направленных различий в абсолютных размерах растений не прослеживается (Рис. 2).

Принципиально иной характер изменчивости серий лилий виден вдоль плоскости второй главной компоненты, отражающей 31,71% межгрупповой дисперсии. Вдоль ее оси четко разошлись Чойские и Горно-алтайские лилии. Учитывая вклады признаков в главные компоненты можно сказать, что Горно-алтайские лилии имеют более длинные цветоносы и более длинные ли-

стья снизу (Таблица 3). Чойские растения отличает более широкий цветок, более длинные тычинки и пестики.

ВЫВОДЫ

Основные морфологические показатели *Lilium martagon L.* в условиях Северо-Восточного и Северного Алтая не отличаются от показателей других регионов России.

Отмечено, что рост лилии происходит в I-II декаде мая, в зависимости от условий произрастания. Образование первых бутонов наблюдается через 20–30 дней после отрастания. Начало цветения в *Lilium martagon*

Таблица 3. Вклады признаков в главные компоненты (x1000)

Признаки	I ГК	II ГК
Высота растения	975	-172
Длина листа снизу	544	777
Длина листа сверху	971	178
Длина цветоноса	384	916
Количество бутонов	995	1
Количество раскрытых бутонов	755	-356
Диаметр цветка	230	-852
Длина тычинки	324	-509
Длина пестика	309	-487

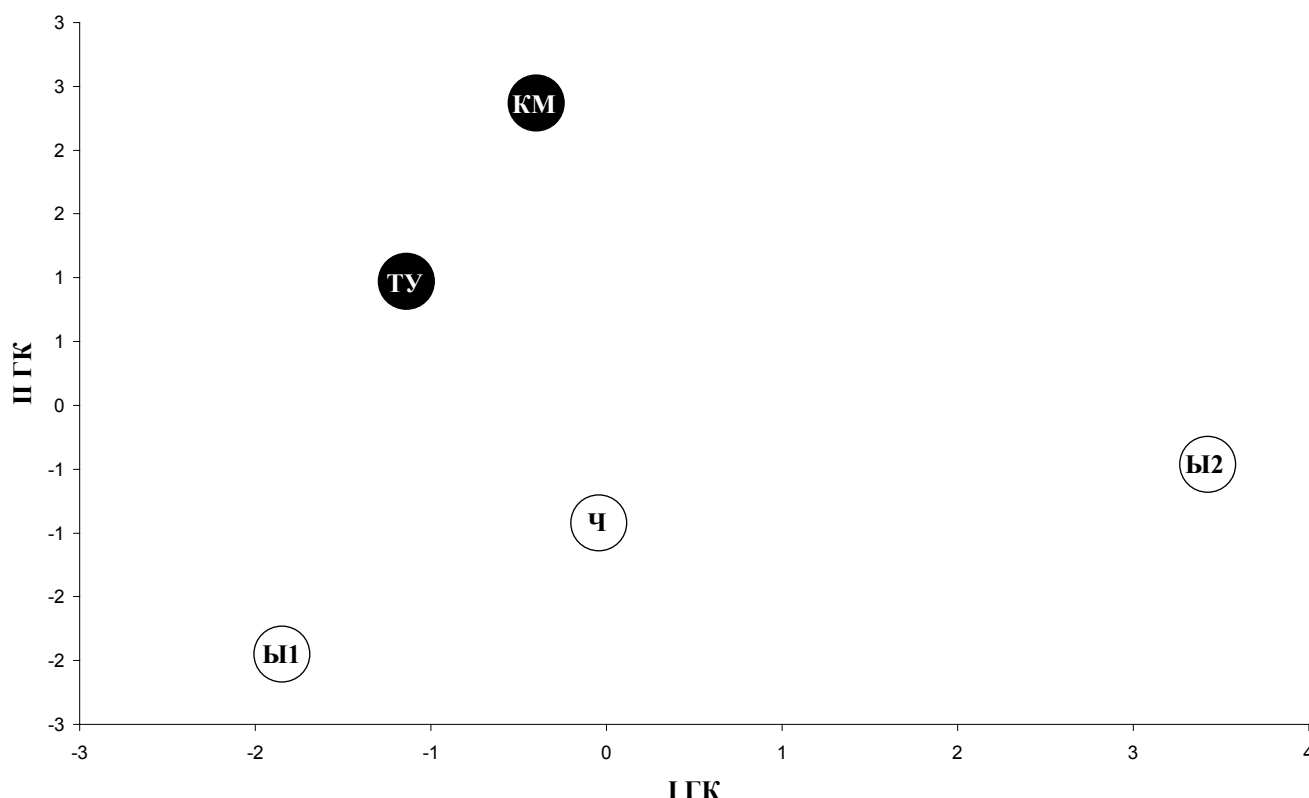


Рис. 2. Распределение центроидов сорта лилий в пространстве первой и второй главных компонент. Чойские растения показаны белым цветом, Горно-алтайские — черным.

L. проводилось через 10–15 дней после бутонизации. Вегетационный период в Алтае длится приблизительно 100 дней.

Природно-климатические условия позволяют данному виду пройти полный цикл сезонного развития.

Благодаря многомерному анализу по методу главных компонент выявлены статистические достоверные различия в изменчивости относительных признаков. Выявленная дистанция между популяциями имеет, скорее всего, адаптивную обусловленность к определенным факторам среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова М.В. К систематике рода *Lilium* / М.В. Баранова // Новости систематики высших растений. — 1971. — Т. 8. — С. 89–95с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351с.

3. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. / Ю.А. Злобин // — Казань, 1989. — 147с.
4. Заливский И.Л. Селекция и интродукция лилий в Ленинграде [Текст] / И.Л. Заливский // Бюл. Гл. ботан. сада. — 1955. — Вып. 23. — С. 14–25.
5. Сафонова О.В. Культивируемые сорта и гибриды лилий как ресурс биологического разнообразия/ Охрана окружающей среды и природных ресурсов стран Большого Алтая. Материалы Международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации, Русское географическое общество, 2013. — С. 232–234.
6. Сафонова О.В., Абрашева А.Е. Изменчивость высоты растений редких для Горного Алтая сортов рода *Lilium* L. / Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 13, 2014. — С. 183–186.
7. Сафонова О.В., Софина М.П. Изменчивость морфологических признаков *Lilium tataricum* L. в условиях Северного Алтая / Материалы Первого Алтаистического Форума «Тюрко-Монгольский Мир Большого Алтая: Историко-Культурное Наследие И Современность», Ответственный редактор Р.И. Райкин, 2019. — С. 376–378.
8. Сорокопудова О.А. Биологические особенности лилий в Сибири [Текст] / О.А. Сорокопудова. — Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. — 244с.
9. Федорова Н.К. Лилии [Текст] / Н.К. Федорова. — М.: Кладезь Букс, 2005. — 95с.
10. Elwes H.S. Monograph of the genus *Lilium*. / H.S. Elwes. — London, 1880

© Петунина Светлана Сергеевна (petunina-sveta@mail.ru), Сафонова Оксана Владимировна (oksvarias@mail.ru), Худякова Надежда Ефремовна (Nch752@bk.ru), Конокпоева Любовь Александровна (konokpoeva92@gmail.com), Шмакова Наталья Юрьевна (Nataliashmakova1998@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Горно-Алтайск

ОСОБЕННОСТИ ДЕСТРУКЦИИ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЗАЛИВА ЧИХАЧЕВА

FEATURES OF THE DESTRUCTION OF AROMATIC COMPOUNDS IN THE COASTAL WATERS OF THE CHIKHACHEVA BAY

O. Stukova

Summary. In the work, microbiological features of the destruction of aromatic compounds in the Chikhachev Bay are considered. The method of initiated microbiocenosis is used. As the sources of pollution, there were used naphthalene, phenanthrene and phenol. In paper is shown, that due to the microbiological destruction of aromatic compounds the toxic colors products are formed.

Keywords: microbial complexes, destruction, aromatic compounds, Chikhachev bay.

Стукова Ольга Юрьевна

*Старший преподаватель, ВО ФГБОУ «Тихоокеанский
государственный университет», г. Хабаровск
olgastukova1@rambler.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены особенности микробиологические деструкции ароматических соединений в заливе Чихачева. Применяли метод инициированного микробных сообществ. В качестве источников загрязнения использовали нафталин, фенантрен и фенол. В работе показано, что из-за микробиологической деструкции ароматических соединений образуются токсичные цветные продукты.

Ключевые слова: микробные комплексы, деструкция, ароматические соединения, залив Чихачева.

Загрязнение прибрежных морских акваторий ароматическими соединениями различного происхождения является одной из актуальных экологических проблем. Ароматические соединения входят в состав нефтепродуктов, образуются в результате жизнедеятельности гидробионтов в толще воды и донных отложениях, поступают со сточными водами и поверхностным стоком. Большое количество нефтепродуктов поступает при её добыче на континентальном шельфе, а также в результате аварий речных и морских судов [1].

Нефтяные загрязнения подавляют развитие фитобентоса и фитопланктона, которые представлены сине-зелеными и диатомовыми водорослями, что снижает концентрацию кислорода в водной среде. Загрязнение водных акваторий ароматическими соединениями приводит к гибели чувствительных видов рыб, других морских животных и водоплавающих птиц, негативно влияет на их воспроизводство. При хроническом загрязнении нефтяными углеводородами и фенольными соединениями сокращаются запасы биоресурсов в морях.

Решающая роль в процессе самоочищения природных вод отводится микроорганизмам и их адаптационным возможностям. Особая биохимическая организация микробной клетки связана с ее полифункциональной ферментативной активностью. Микробные комплексы (МК) способны разрушать и обезвреживать

различные токсические вещества. Микробное разрушение нефтяных загрязнений — один из важнейших процессов, способствующих самоочищению водных экосистем. В результате микробиологической деструкции ароматических соединений происходит их детоксикация, однако для этого необходимы специфические физико-химические условия. Физиологическая активность МК имеет свои пределы и определяется составом загрязнения, типом нефтяных углеводородов и их концентрацией. Степень токсичности нефти определяется количеством летучих ароматических соединений (бензол, толуол, ксилол) и нафталиновых фракций. [4]. В процессе деструкции высокомолекулярных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) могут накапливаться промежуточные интермедиаты, которые в отдельных случаях оказываются более токсичными, чем исходные продукты. Скорость расщепления таких субстратов будет зависеть от многих факторов, в том числе от наличия легкодоступных источников углерода, других токсичных веществ, которые в комплексе могут обладать аддитивным эффектом.

Основная задача исследований состояла в оценке способности планктонных МК из различных биотопов зал. Чихачева разрушать ароматические соединения, отличающиеся по своей структуре (фенол, нафталин, фенантрен). Объектом исследования являлись природные воды, отобранные на различных участках залива Чихачева, который расположен в северной части

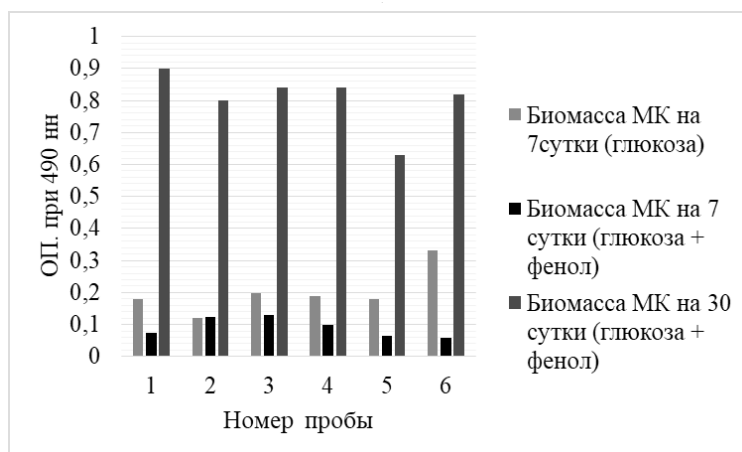


Рис. 1. Особенности роста микробных комплексов залива Чихачева (бухта Сомон) на различных источниках углерода.

Татарского пролива. Изрезанность береговой линии определило наличие нескольких бухт, которые имеют определенную специфику и свою антропогенную нагрузку. Бухта Северная примыкающая к полуострову Клыкова, на котором построен крупный нефтяной терминал в 2005 г. На берегу бухты Сомон расположен склад горюче-смазочных материалов (ГСМ) и вдоль берега встречаются несанкционированные свалки. На западе в бухту впадает р. Сомон.

Первые микробиологические исследования в заливе Чихачева были проведены в 90-е годы [3]. Согласно полученным результатам качество воды прибрежных акваторий залива в значительной степени зависело от экологического состояния побережья. Основным источником антропогенной нагрузки на побережье выступал леспромхоз пос. Де-Кастри. При загрязнении прибрежной зоны древесными отходами наблюдалось активное развитие микробных комплексов, обладающих амилазной, целлюлозной и протеазной активностью. Многие бактерии, выделенные из донных отложений литорали, оказались устойчивыми к фенольным соединениям, и активно развивались на низкомолекулярных углеводородах (нонан, декан, гексадекан).

Для оценки уровня загрязнения прибрежных вод залива Чихачева ароматическими соединениями различной структуры был использован метод микробиологической индикации [2]. Для этого проводили исследования структуры МК на агаризованных селективных средах и в модельных экспериментах с различными источниками углерода (глюкоза, пептон, фенол), включая полициклические ароматические соединения (нафталин, фенантрен).

Исследования прибрежных морских вод, проведенные в 2005 г в окрестностях пос. Де-Кастри, показали,

что со стоком р. Татарка выносятся продукты биодegradации полициклических ароматических углеводородов — фенольные соединения. Наиболее интенсивный рост МК на модельном бициклическом нафталине наблюдался в пробах воды отобранных в лагуне Сомон в зоне смешения. Это явление объясняется тем, что с изменением режима солености и скорости течения происходит оседание взвешенных веществ, выносимых с речным стоком с территории водосбора, среди которых могли присутствовать ПАУ и продукты их трансформации. Планктонные МК, функционирующие в бухтах Северная и Сомон, проявляли слабую активность по отношению нафталину и фенантрону.

В феврале 2008 г. исследования качества воды в заливе Чихачева впервые были проведены в период ледостава. Было отобрано 6 проб подледной воды в следующих точках бухты Сомон: 1–80–100 м напротив склада ГСМ; 2–200 м западнее склада ГСМ; 3 — южная часть бухты; 4–200 м от моста; 5 — устье р. Сомон; 6–200 м западнее мыса Мангал.

Микробиологическая индикация показала, что природные воды, отобранные западнее мыс Мангал, содержали высокие концентрации органических веществ различного происхождения. Здесь же отмечена высокая численность морских гетеротрофных бактерий, растущих на среде Youshimizi, Kimura (1976), а также фенолрезистентных микроорганизмов, которые росли на агаризованных средах при концентрации фенола 1 г/л.

В модельном эксперименте при использовании двух косубстратов было показано, что в присутствии фенола (0,5 г/л) рост на глюкозе (2 г/л) сопровождался изменением окраски культуральной жидкости. Можно предположить, что образование цветных ин-

термедиатов обусловлено окислением фенолов до хинона (1,2-бензохинона). При этом было отмечено, что на среде, содержащей фенол и глюкозу отмечается ингибирование роста МК, возможно промежуточным продуктом трансформации. Наиболее чувствительными к интоксикации фенолом и его промежуточными цветными интермедиатами оказались МК (пробы № 5, 6), отобранные в устьевой зоне р. Сомон и в районе мыса Мангал (рис. 1). Однако фенол не вызывал ингибирования роста МК из проб воды отобранных западнее склада ГСМ (проба № 2). Есть основание предполагать, что с поверхностным стоком в прибрежные воды в летнее время поступают фенольные соединения. Они способствуют формированию МК, адаптированных к этому поллютанту.

Только спустя месяц практически все МК оказались способными в утилизации промежуточных продуктов, на которых микроорганизмы стали активно накапливать биомассу. Это факт свидетельствует о способности МК усваивать ароматические соединения в результате длительной адаптации при благоприятных абиотических условиях. В наших экспериментах температура составляла 23–25°C. В дополнительных вариантах при температуре 5–7°C, рост МК отсутствовал. Это значит, что в зимнее время ароматические соединения не утилизируются в водной среде из-за низкой активности МК и выступают в качестве лимитирующих факторов самоочищения природных вод.

В южной части бухты Сомон и в районе склада ГСМ была отмечена высокая активность роста планктонных МК на нафталине. Рост также сопровождался изменением цветности культуральной жидкости. Максимальная активность по отношению к фенантрону (трициклический ПАУ) была отмечена у МК, выделенных из трех различных биотопов бухты Сомон, попадающих в зону влияния склада ГСМ (пробы 1, 2, 4). Можно предположить, что МК даже в зимнее время сохраняют свою активность к трансформации ПАУ. Фактически в районе склада ГСМ происходит хроническое загрязнение прибрежных морских акваторий ароматическими соединениями

различного строения. Зона влияния распространяется до южной части бухты Сомон. Планктонные МК, не испытывающие хронического загрязнения водной среды ПАУ, оказались не способными участвовать в трансформации нафталина и фенантрена. Так в устьевой зоне р. Сомон зарегистрировано минимальное накопление биомассы МК на глюкозе в присутствии фенола, они также не развивались на нафталине и фенантроне. Максимальный рост МК на легкодоступных источниках углерода зарегистрирован в водах, расположенных на западе мыса Мангал. Здесь же отмечалось ингибирование роста МК на легкодоступных источниках углерода фенольными соединениями. Это может быть связано с развитием фототрофных гидробионтов, продуцирующих автохтонное органическое вещество. Несмотря на то, что МК из этого биотопа не утилизировали фенол, они оказались резистентными к его повышенным концентрациям в водной среде до 1 г/л. Это еще раз подчеркивает, что фенолрезистентных бактерий нельзя отождествлять с фенолоксиляющими МК. В этих случаях включаются различные внутриклеточные механизмы.

Таким образом, модельные эксперименты с природной водой показали, что в присутствии легкодоступных органических веществ (глюкоза) происходит медленная микробиологическая деструкция фенола, с образованием цветных продуктов. Утилизация фенола и продуктов его трансформации происходит в результате длительной адаптации МК (в течение 30 суток) при благоприятном температурном режиме (23–25°C). Особой активностью отличались МК, функционирующие в бухте Сомон в зоне влияния склада ГСМ. Согласно микробиологической индикации природных вод в заливе Чихачева существует экологический риск вторичного загрязнения водных масс растворенными интермедиатами микробиологической деструкции нефтепродуктов. Они могут выступать в роли токсикантов, наряду с исходными нефтепродуктами, способными аккумулироваться в тканях гидробионтов и передаваться по трофическим цепям морских экосистем; вызывать мутагенный, тератогенный, канцерогенный, летальный и другие отрицательные эффекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долотов Ю.С. Проблемы рационального использования и охраны прибрежных областей Мирового океана. М.: Научный мир, 1996. 304 с.
2. Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Стукова О.Ю., Золотухина Г.Ф. Загрязнение реки Амур полиароматическими углеводородами // Вестник ДВО РАН, 2007. № 4. С. 17–26.
3. Кондратьева Л.М., Павлюшина О.В. Разнообразие микробного сообщества литорали в условиях антропогенного загрязнения // Биология моря, 1991. № 3. С. 38–45.
4. Hartmans S., Bont J., Harder W. Microbial metabolism of short chain unsaturated hydrocarbons // FEMS Microbial. Rev., 1989. Vol. 63. № 3. P. 235–264.

© Стукова Ольга Юрьевна (olgastukova1@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

10.37882/2223–2966.2021.04–2.11

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА R

CLUSTER ANALYSIS OF MEDICAL RESEARCH DATA WITH R

**S. Kasyuk
G. Didenko
O. Stepanova**

Summary. The article considers modern technologies of cluster analysis in medical research. Algorithms of fuzzy c-means clustering, hierarchical clustering, Kohonen neural network, and PAM are described. Formulas and appropriate functions of R language are considered. Examples of cluster analysis for breast cancer data sets are given.

Keywords: medical research, cluster analysis, fuzzy c-means clustering algorithm, hierarchical clustering algorithm, Kohonen neural network, PAM algorithm, R language.

Касюк Сергей Тимурович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской
Федерации (г. Челябинск)
sergey.kasyuk@gmail.com

Диденко Галина Александровна

К.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской
Федерации (г. Челябинск)
pda80@mail.ru

Степанова Оксана Александровна

К.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской
Федерации (г. Челябинск)
okalst@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии кластерного анализа данных в медицинских исследованиях. Описываются алгоритмы нечетких c-средних, иерархической кластеризации, сетей Кохонена и PAM. Даются расчётные формулы и соответствующие функции языка R. Приводятся примеры кластерного анализа данных пациенток с раком молочной железы, решенные средствами языка R.

Ключевые слова: медицинские исследования, кластерный анализ, алгоритм нечетких c-средних, алгоритм иерархической кластеризации, сети Кохонена, алгоритм PAM, язык R.

Данная статья продолжает публикации [1, 2], посвященные современным технологиям статистического анализа данных в медицинских исследованиях. Цель статьи — дать обзор актуальных методов кластерного анализа с использованием статистического языка программирования R.

Кластерный анализ является начальным этапом статистического анализа, решающий задачу разбиения данных на группы «похожих» между собой объектов. В n -мерном метрическом пространстве признаков

мерой «сходства» двух объектов считается расстояние между ними.

В статье приводятся различные примеры кластерного анализа данных пациенток с раком молочной железы, размещенные в онлайн репозитории машинного обучения The UCI Machine Learning Repository¹. Однако авторы статьи не решали задачу выявления различий между полученными кластерами и выяснения причин

¹ <https://archive.ics.uci.edu/ml/index.php>

Таблица 1. Координаты центров кластеров

№	Age	BMI	Glucose	Insulin	HOMA	Leptin	Adipo-nectin	Resistin	MCP.1
1	-0,27	-0,64	-0,25	-0,36	-0,32	-0,51	-0,08	-0,15	-0,22
2	0,17	0,39	0,16	0,21	0,19	0,31	0,01	0,07	0,12
3	0,17	0,40	0,17	0,23	0,21	0,32	0,01	0,07	0,13

попадания пациенток в эти кластеры, поскольку данная задача лежит вне сферы их компетентности.

Для приведенных примеров *пропуски* в файлах данных были заменены на символы «NA». В дальнейшем, при обработке на языке R, данные *были очищены от пропусков* с помощью функции *na.omit* и *стандартизированы* с помощью функции *scale*.

Кластерный анализ с использованием алгоритма нечетких *c*-средних

Алгоритм кластеризации нечетких *c*-средних является нечеткой версией классического алгоритма *k*-средних и основан на минимизации целевой функции

$$\sum_i \sum_j w_i u_{ij}^m d_{ij}^2, \tag{1}$$

где w_i — вес наблюдения i ; u_{ij} — членство наблюдения i в кластере j ; d_{ij} — расстояние между наблюдением i и центром кластера j . Этот алгоритм использует такие метрики пространства, как евклидово расстояние и расстояние Манхэттена. Число кластеров C в алгоритме задается заранее. Параметр m определяет степень «нечеткости» [3, 4].

Шаги алгоритма нечетких *c*-средних следующие [4]

1. Инициализация матрицы **U**, определяющей принадлежность наблюдений к кластерам.
2. Вычисление координат центра для каждого кластера:

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}. \tag{2}$$

3. Корректировка матрицы **U** по следующей формуле:

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}. \tag{3}$$

4. Повторение шагов 2 и 3 до схождения алгоритма. В итоге получается матрица **U** принадлежности i -го наблюдения j -му кластеру.

Пример кластеризации пациенток с раком молочной железы [5]

Университетский госпитальный центр г. Коимбры (Португалия) предоставил данные о 64 пациентках с раком молочной железы и 52 здоровых женщинах. В файле *dataR2.csv*^{1*} содержатся следующие параметры:

1. *Age* — возраст;
2. *BMI* — индекс массы тела, кг/м²;
3. *Glucose* — содержание сахара в крови, мг/дл;
4. *Insulin* — инсулин, мЕд/л;
5. *HOMA* — индекс HOMA;
6. *Leptin* — лептин, нг/мл;
7. *Adiponectin* — адипонектин, мг/мл;
8. *Resistin* — резистин, нг/мл;
9. *MCP-1* — моноцитарный хемоаттрактантный белок 1, пг/дл;
10. *Classification* — классификационные метки (1 — здоровые; 2 — онкобольные).

Предварительно выполним отбор пациенток с раком молочной железы. Произведем разбиение данных на 3 кластера с помощью функции *cmeans* из пакета *e1071*. При этом максимальное количество итераций примем, равным 100, а степень «нечеткости» $m = 2$. Визуализируем полученные кластеры с помощью функции *clustplot* из пакета *cluster*.

Решение задачи на языке R:

```
> BCancer <- read.csv2("C:/Data/dataR2.csv")
> newBCancer <- subset(BCancer, Classification == 2)
> newBCancer <- newBCancer[, -10]
> result <- cmeans(scale(newBCancer), 3, 100, m = 2,
method = "cmeans")
> result
```

¹ <http://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/00451/dataR2.csv>

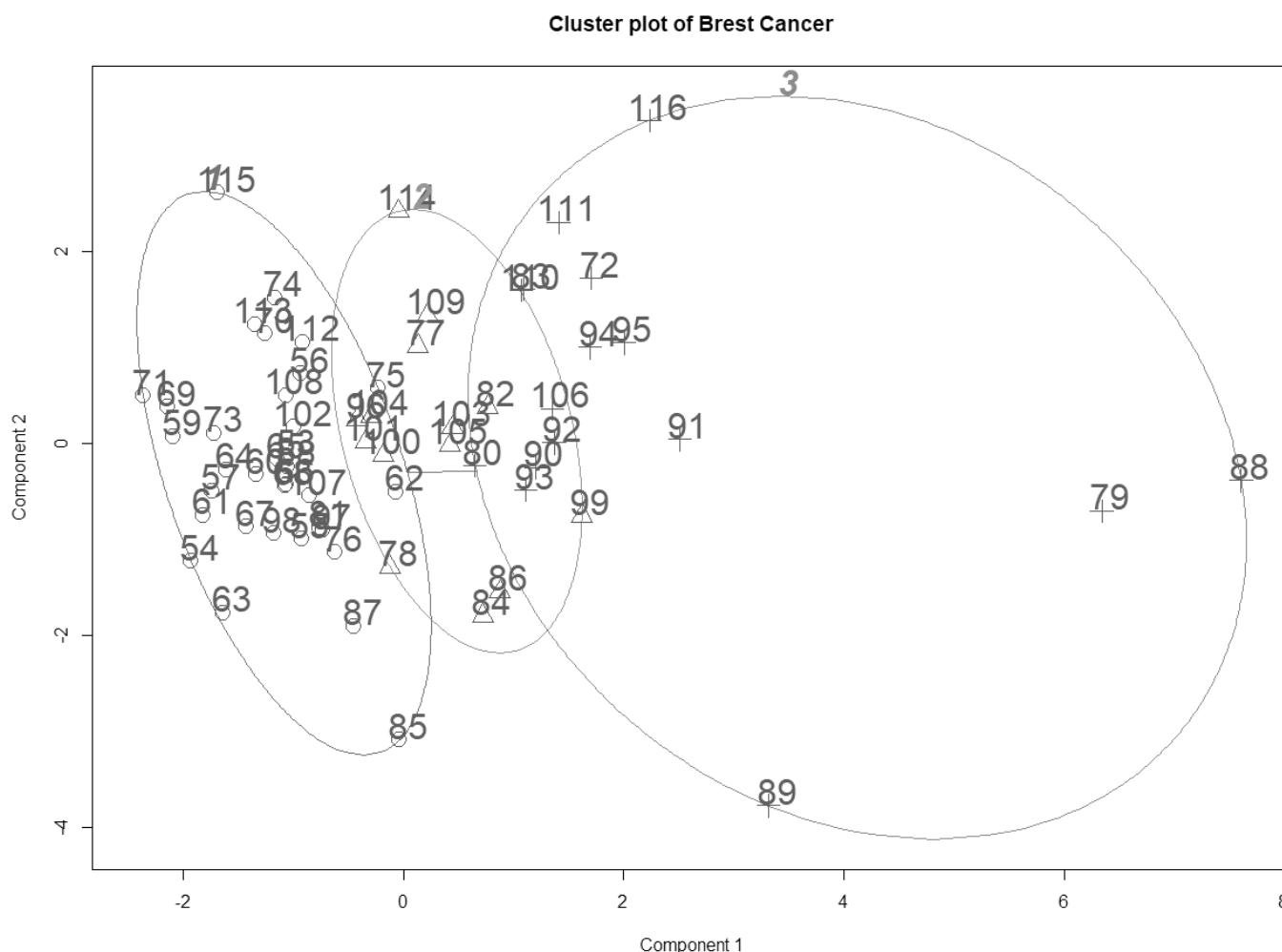


Рис. 1. Диаграмма разбиения данных пациенток на три кластера

```
> clusplot(scale(newBCancer), result$cluster,
main = "Cluster plot of Brest Cancer",
color = TRUE, labels = 2, lines = 2, cex = 1)
```

Визуализация результатов разбиения 64 пациенток с онкологией на 3 кластера приведена на рис. 1. В 1-й кластер попали 34 наблюдения, во 2-й — 14 наблюдений, в третий — 16 наблюдений. Полученные координаты центров кластеров представлены в табл. 1. Центры 2-го и 3-го кластеров практически совпали, и большинство наблюдений из этих кластеров объединяются в случае разбиения данных на 2 кластера.

Кластерный анализ
с использованием алгоритма
иерархической кластеризации

Алгоритм иерархической кластеризации объединяет объекты в достаточно большие кластеры с исполь-

зованием некоторой меры сходства или расстояния между объектами. Результатом такой кластеризации является дендрограмма, построенная в координатах шагов либо расстояний [6].

Алгоритмы иерархической кластеризации делятся на агломерационные и разделительные в зависимости от способа выбора начального кластера или кластеров.

Шаги агломерационного алгоритма иерархической кластеризации следующие [6]:

1. Вначале все объекты считают отдельными кластерами.
2. Затем выбирается пара ближайших кластеров, которые объединяют в один кластер.
3. В дальнейшем связываются вместе все большее число объектов и агрегируются большее количество кластеров.
4. Шаг 3 повторяется до тех пор, пока все объекты не объединятся в один кластер.

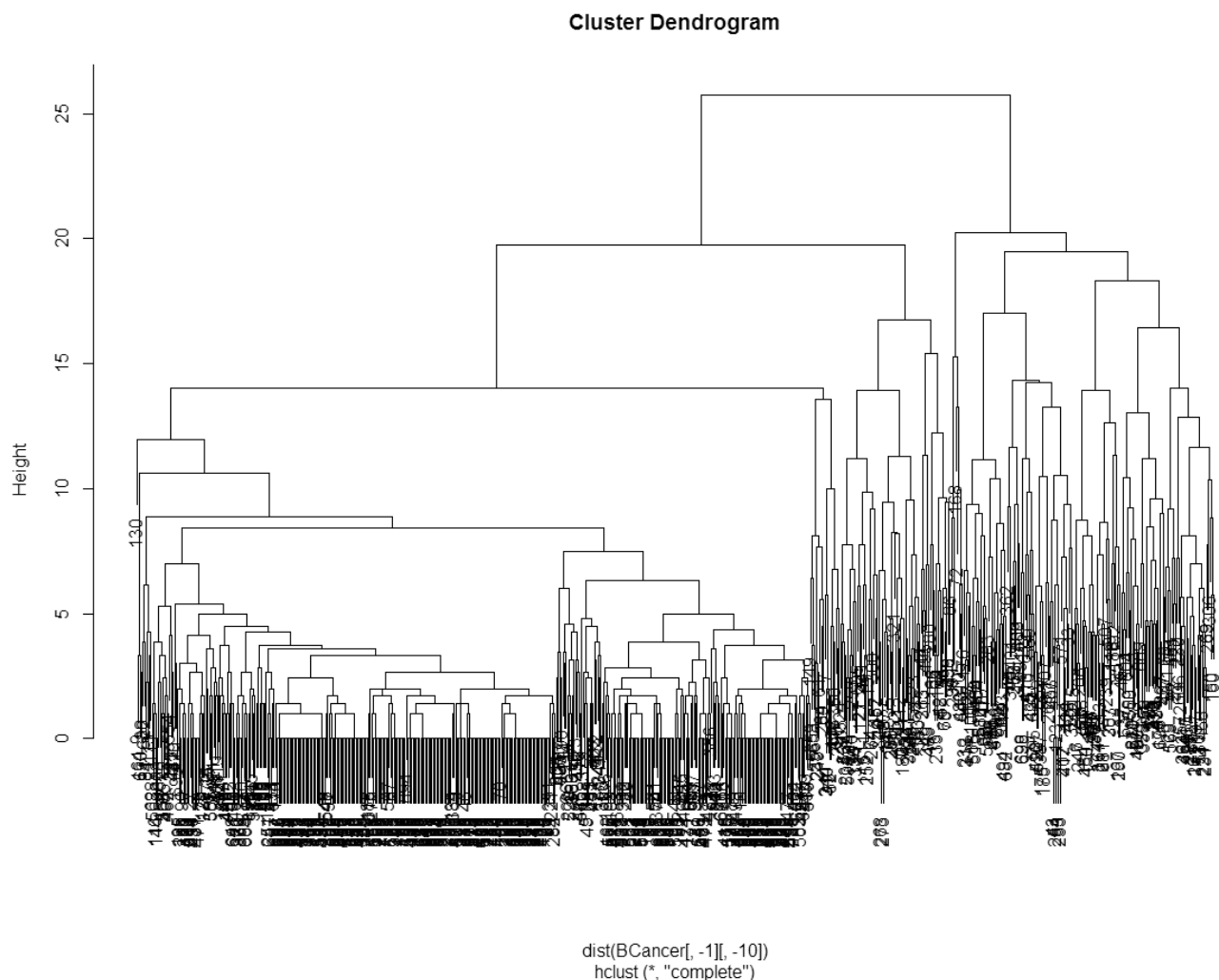


Рис. 2. Дендрограмма иерархической кластеризации

Пример кластеризации пациенток с раком молочной железы [7]

Клинический научный центр университета Висконсина (США) предоставил данные пациенток с раком молочной железы. В файле `breast-cancer-wisconsin.data`^{1*} содержатся результаты биопсии с 9 ранговыми характеристиками новообразований для 1251 пациентки:

1. *ID number* — идентификационный номер;
2. *Clump Thickness* — размер образований (1–10);
3. *Uniformity of Cell Size* — однородность размера клетки (1–10);
4. *Uniformity of Cell Shape* — однородность формы клетки (1–10);
5. *Marginal Adhesion* — межклеточная мембранная адгезия (1–10);

6. *Single Epithelial Cell Size* — размер эпителиальной клетки (1–10);
7. *Bare Nuclei* — ядро клетки (1–10);
8. *Bland Chromatin* — деконденсированный хроматин (1–10);
9. *Normal Nucleoli* — нормальные ядра (1–10);
10. *Mitoses* — динамика митоза (1–10);
11. *Class* — диагноз (2 — доброкачественная опухоль; 4 — злокачественная опухоль).

Произведем *иерархическую кластеризацию* данных с помощью функции `hclust`, используя *метод полной связи (complete linkage)*. Выделим 4 кластера пациенток, используя функцию `cutree`.

Решение задачи на языке R:

```
> BCancer <- read.table("C:/Data/breast-cancer-wisconsin.data", header = FALSE, sep = ",")
```

¹ <https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/breast-cancer-wisconsin/breast-cancer-wisconsin.data>

```
> BCancer <- na.omit(BCancer)
> result <- hclust(dist(BCancer[,-1][,-10]),
method = "complete", members = NULL)
> plot(result)
> resultcut <- cutree(result, 4)
> table(resultcut, BCancer[,11])
resultcut 2 4
1 452 50
2 2 71
3 3 75
4 1 45
```

После удаления пропусков количество наблюдений уменьшилось до 683. Среди пациенток с доброкачественной опухолью в 1-й кластер попали 98,7%. Пациентки со злокачественной опухолью были разбиты на четыре кластера следующим образом: 1-й кластер — 20,7%; 2-й кластер — 29,5%; 3-й кластер — 31,1%; 4-й кластер — 18,7%.

На дендрограмме, представленной на рис. 2, отчетливо видны пациентки с доброкачественной опухолью из 1-го кластера.

Кластерный анализ с использованием сетей Кохонена

Нейронные сети Кохонена позволяют распознавать кластеры в данных, а также устанавливать близость этих кластеров. Эти сети имеют два слоя: входной слой, содержащий по одному нейрону для каждой входной переменной; выходной слой, нейроны которого упорядочены, как правило, в одномерную или двухмерную решетку прямоугольной формы.

Обучается сеть Кохонена методом последовательных приближений. Начиная со случайным образом выбранного исходного расположения центров, алгоритм обучения постепенно улучшает его так, чтобы уловить кластеризацию обучаемых данных. Алгоритм обучения является итерационным, при этом нейроны входного слоя не участвуют в процессе обучения [8].

В языке R существует множество пакетов с различными алгоритмами самоорганизующихся карт: *kohonen*, *Multi-SOM*, *SOMbrero*, *som* и др. Так, в пакете *kohonen* реализованы как стандартные самоорганизующиеся карты Кохонена, работающие с числовыми данными, а также и «суперорганизующиеся карты», построенные на множественных параллельных картах. Функция *som* из этого пакета позволяет строить сети Кохонена по имеющимся данным для заданной топологической карты, при этом функции *somgrid* задает размер и структуру этой топологической карты, а резуль-

таты кластеризации выводятся при помощи функции *map* [9, 10, 11].

Пример кластеризации пациенток с раком молочной железы [12]

Национальный институт биомедицинской инженерии в г. Порто (Португалия) предоставил данные пациенток с раком молочной железы. В файле *BreastTissue.xls*¹ содержатся результаты обследования 106 пациенток, включающие 9 характеристик электрического импеданса образцов ткани молочной железы:

1. *Class* — классы (*car* — карцинома; *fad* — фиброаденома; *mas* — мастопатия; *gla* — железистый; *con* — соединительный; *adi* — жировой);
2. *I0* — импеданс на нулевой частоте;
3. *PA500* — фазовый угол на частоте 500 кГц;
4. *HFS* — высокочастотный наклон (крутизна) фазового угла;
5. *DA* — расстояние импеданса между спектральными концами;
6. *AREA* — площадь области под спектром;
7. *A/DA* — площадь, отнесенная к величине *DA*;
8. *MAX IP* — максимум спектра;
9. *DR* — расстояние между *I0* и реальной частью точки максимальной частоты;
10. *P* — длина спектральной кривой.

Предварительно исходный файл *BreastTissue.xls* преобразуем в текстовый с расширением «*txt*». Затем с помощью функции *som* из пакета *kohonen* произведем обучение сети Кохонена с прямоугольной топологической картой размерностью 3×2. Визуализируем кластеры с помощью функции *clusplot* из пакета *cluster*.

Решение задачи на языке R:

```
> BTissue <- read.table("C:/Data/BreastTissue.txt",
header = TRUE, sep = "\t")
> Class <- BTissue[, 1]
> BTissue <- BTissue[,-1]
> set.seed(1000)
> som.BTissue = som(scale(BTissue),
grid = somgrid(3, 2, "rectangular"))
> som.BTissue
> som.cluster = map(som.BTissue)
> som.cluster
> table(Class, som.cluster$unit.classif)
> plot(som.BTissue, main = "Breast Tissue: SOM")
> clusplot(scale(BTissue), som.cluster$unit.classif,
main = "Cluster plot of Brest Tissue",
color = TRUE, labels = 2, lines = 2, cex = 1)
```

¹ <http://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/00192/BreastTissue.xls>

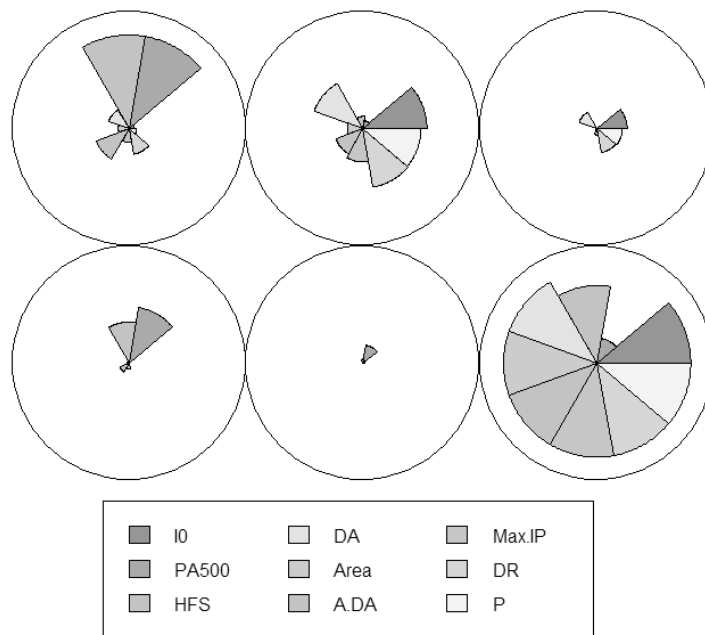


Рис. 3. Топологическая карта сети Кохонена

Cluster plot of Brest Tissue

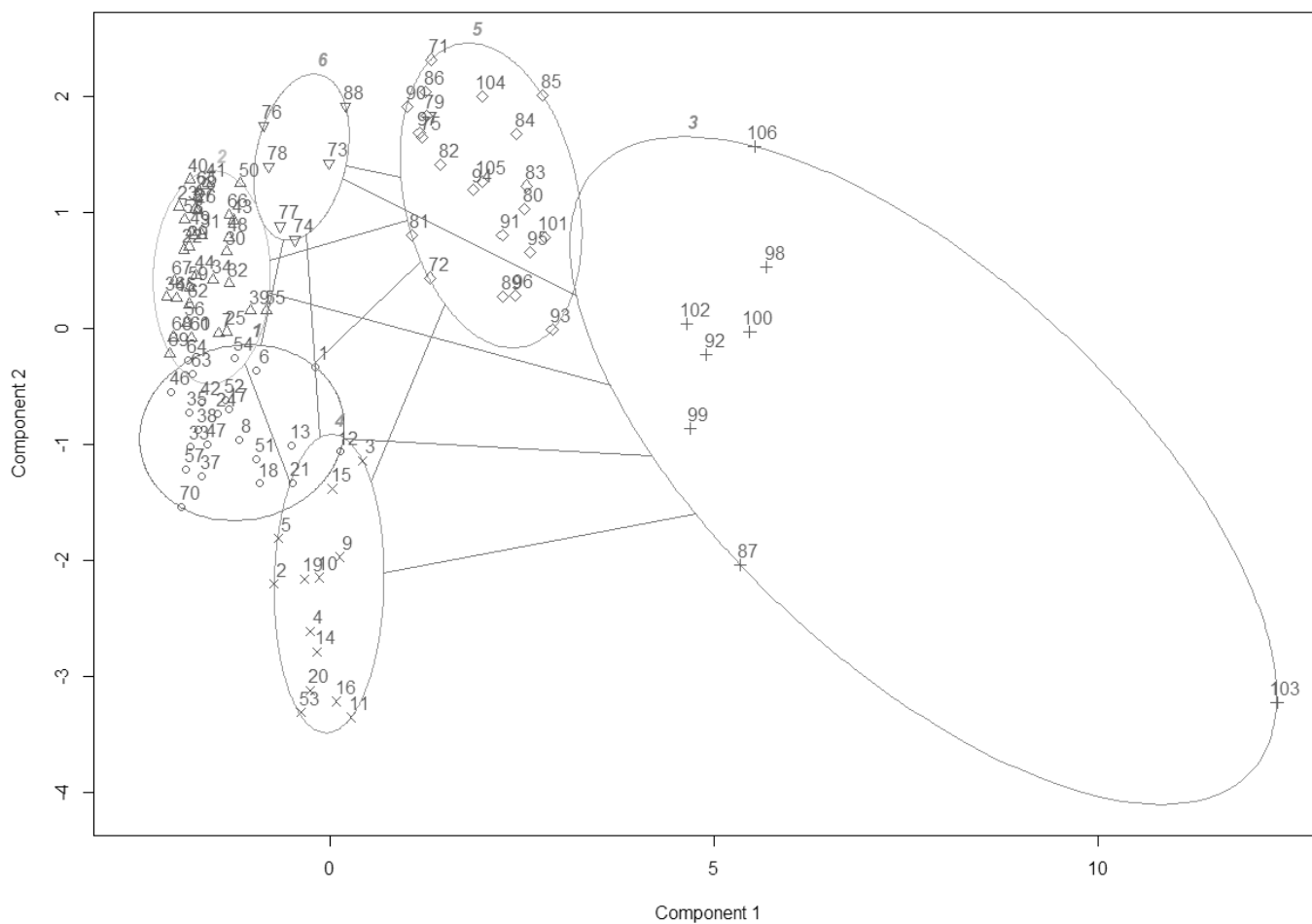


Рис. 4. Диаграмма разбиения данных пациенток на 6 кластеров

```

Class 1 2 3 4 5 6
adi 0 0 8 0 13 1
car 8 1 0 12 0 0
con 0 0 0 0 9 5
fad 3 12 0 0 0 0
gla 4 12 0 0 0 0
mas 8 9 0 1 0 0

```

В результате данные пациенток были разбиты на 6 кластеров и получена таблица соответствия классов образцов ткани и найденных кластеров. Для этого примера сеть Кохонена не дала такого разбиения объектов на кластеры, которое бы соответствовало классам образцов тканей молочной железы. Например, класс *gla* представлен во 1-м и 2-м кластере, класс *car* — в 1-м и 4-м кластере.

Результаты обучения нейронной сети в виде топологической карты размерностью 3×2 и визуализация полученных кластеров представлены на рис. 3 и 4.

Кластерный анализ категориальных данных с использованием алгоритма PAM

Кластерный анализ категориальных данных осуществляется с использованием метрики пространства с расстоянием Гауэра, для которой сходство между объектами i и j оценивается как среднее значение по всем возможным сравнениям:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^v S_{ijk} / \sum_{k=1}^v \ddot{a}_{ijk}, \quad (4)$$

где S_{ijk} — значение сходства между объектами i и j по параметру k , лежащее в диапазоне от 0 до 1; \ddot{a}_{ijk} — весовой коэффициент, равный 1, если объекты i и j сравнимы по параметру k , и равный 0 в противном случае; v — количество параметров у объектов [13].

Алгоритм кластеризации PAM (partitioning around medoids) является менее чувствительной к выбросам модификацией алгоритма k -средних. Этот алгоритм работает медоидами и основан на минимизации целевой функции:

$$\sum_i \sum_j d(i, j) z_{ij}, \quad (5)$$

где $d(i, j)$ — мера расстояния между объектами j и i ; z_{ij} — дихотомическая переменная, равная 1, если объект j назначен в кластер, к которому принадлежит объект i , и равная 0 в противном случае [14].

Шаги алгоритма PAM следующие [15]:

1. Выбор случайным образом k объектов в качестве медоидов.

2. Назначение для каждого объекта кластера, представленного ближайшим к этому объекту медоидом.
3. Нахождение для каждого кластера наблюдения, которое минимизирует среднее расстояние в случае, если бы его назначили медоидом, и последующая замена медоида в кластере на искомого наблюдения.
4. Возвращение к шагу 2, если хотя бы один медоид изменился, или завершение алгоритма в противном случае.

Пример кластеризации пациенток с раком молочной железы [16]. Институт онкологии г. Любляна (Югославия) предоставил данные о 286 пациенток с раком молочной железы. В файле *breast-cancer.data*^{1*} содержатся следующие категориальные данные:

1. *Class* — классы (*no-recurrence-events* — без повторения; *recurrence-events* — повторяющееся событие);
2. *age* — возрастные группы (10–19, 20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69, 70–79, 80–89, 90–99);
3. *menopause* — предклимактерический или климактерический период (lt40, ge40, premeno);
4. *tumor-size* — размер новообразования (0–4, 5–9, 10–14, 15–19, 20–24, 25–29, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59);
5. *inv-nodes* — количество подмышечных лимфатических узлов, содержащих метастатический рак молочной железы, видимых при гистологическом исследовании (0–2, 3–5, 6–8, 9–11, 12–14, 15–17, 18–20, 21–23, 24–26, 27–29, 30–32, 33–35, 36–39).
6. *node-caps* — метастазы рака в лимфатические узлы (*yes* — да; *no* — нет);
7. *deg-malig* — степень злокачественности (1, 2, 3);
8. *breast* — грудь (*left* — левая; *right* — правая);
9. *breast-quad* — зоны груди (*left-up* — слева вверху; *left-low* — слева внизу; *right-up* — справа вверху; *right-low* — справа внизу; *central* — по центру);
10. *irradiat* — проведение лучевой терапии (*yes* — да; *no* — нет).

Предварительно выполним преобразование всех переменных к категориальному типу с помощью функции *as.factor*. Измерим расстояния Гауэра между объектами, используя функцию *daisy* из пакета *cluster*; построим матрицу отличий между объектами, используя функцию *as.matrix*. Разобьем данные на 5 кластеров с помощью функции *pam* из пакета *cluster* и визуализируем результат кластеризации с помощью функции *ggplot* из пакета *ggplot*, как это показано в работе [15].

¹ <https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/breast-cancer/>

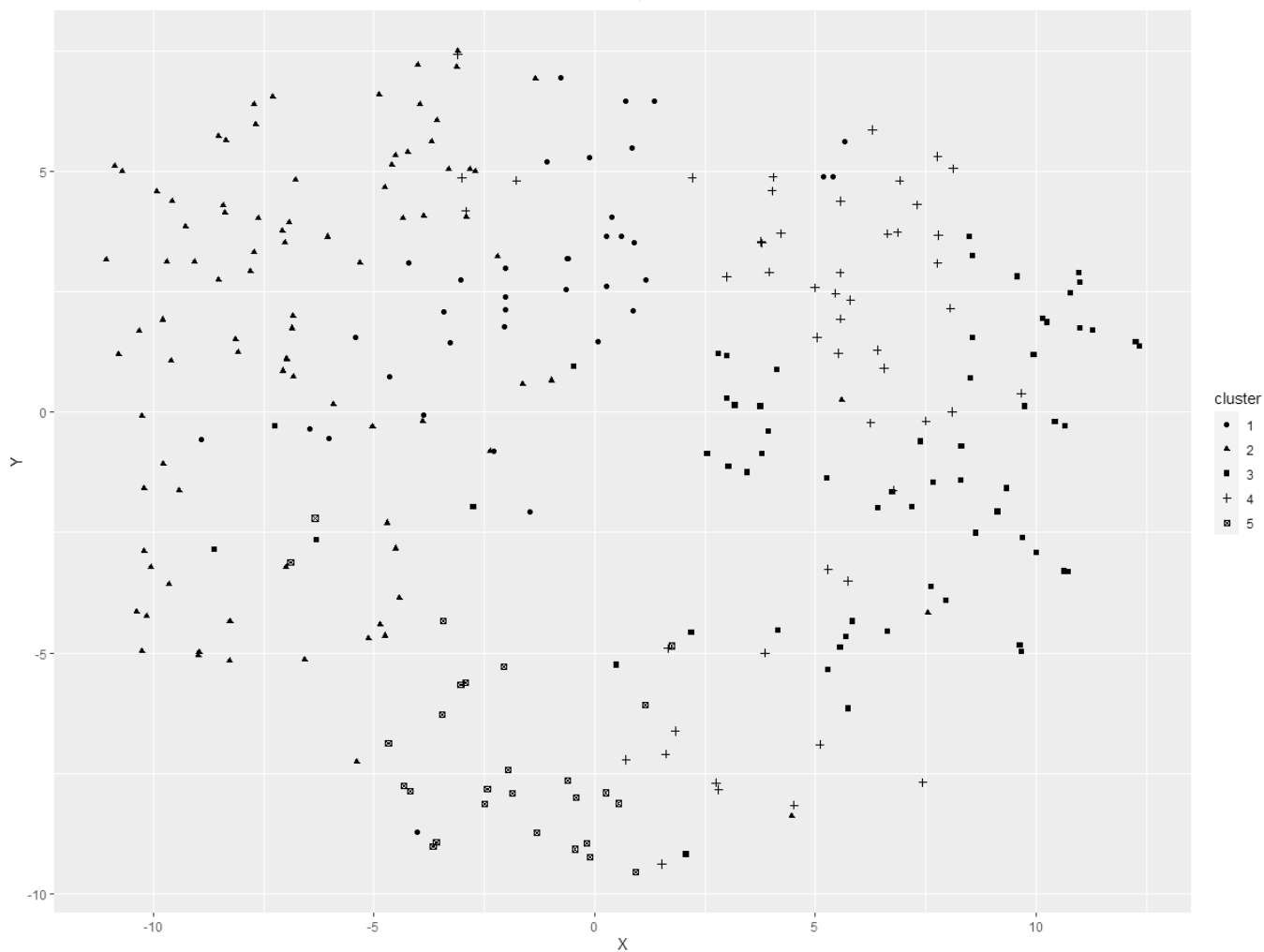


Рис. 5. Диаграмма распределения пациенток по пяти кластерам

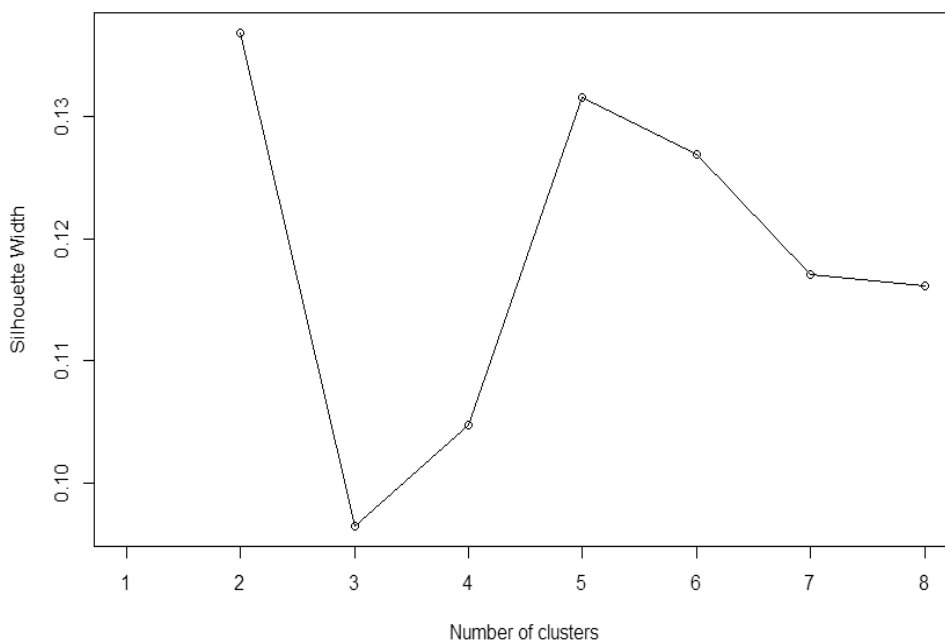


Рис. 6. Диаграмма зависимости ширины силуэта от количества кластеров

Решение задачи на языке R:

```
> BCancer <- read.table("C:/Data/breast-cancer.data",
header = FALSE, sep = "")
> BCancer <- na.omit(BCancer)
> BCancer$V1 <- as.factor(BCancer$V1)
...
> BCancer$V10 <- as.factor(BCancer$V10)
> gower_dist <- daisy(BCancer, metric = "gower")
> gower_mat <- as.matrix(gower_dist)
> pam_fit <- pam(gower_dist, diss = TRUE, 5)
> pam_fit
> tsne_obj <- Rtsne(gower_dist, is_distance = TRUE)
> tsne_data <- tsne_obj$Y%>% data.frame()%>%
setNames(c("X", "Y"))%>%
mutate(cluster = factor(pam_fit$clustering))
> ggplot(aes(x = X, y = Y), data = tsne_data) +
geom_point(aes(shape = cluster))
```

После очистки данных количество наблюдений уменьшилось до 277. В первый кластер попало 40 наблюдений (14%), во 2-й — 90 наблюдений (32%), в 3-й — 66 наблюдений (24%), в 4-й — 53 наблюдения (19%), в 5-й — 28 наблюдений (10%).

На рис. 5 представлена визуализация кластерного анализа с помощью алгоритма *t-SNE* (стохастическое вложение соседей с *t*-распределением), позволяющего вкладывать многомерные данные в двухмерное

пространство. На диаграмме отчетливо различимы 1-й и 2-й кластеры, 1-й и 3-й кластеры, 5-й и 4-й кластеры, а кластеры 4-й и 3-й практически сливаются.

Выбор пяти кластеров основывался на методе ширины силуэта (*silhouette width*), оценивающего качество кластеризации [17]:

$$s_i = \frac{b(i) - a(i)}{\max[b(i), a(i)]},$$

где $a(i)$ — среднее расстояние между объектами i -го кластера; $b(i)$ — среднее расстояние от объектов i -го кластера до самого близкого кластера.

На основе кода R, приведенного в работе [15], предварительно была построена диаграмма силуэтов (рис. 6). Разбиение на 2 и 5 кластеров дают в данном случае самые высокие значения ширины силуэта.

Заключение

Язык R является эффективным средством, в котором реализованы все актуальные методы кластерного анализа, использующиеся в медицинских исследованиях. Кластеризация данных в R сводится к использованию функций из различных пакетов. В языке R имеются средства визуализации состава кластеров и методы оценки качества кластеризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касюк, С.Т. Современные информационные технологии в медицинских исследованиях: сравнение данных по качественному признаку с использованием языка R / С.Т. Касюк, Т.Н. Шамаева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2019. — № 5. — С. 60–66.
2. Касюк, С.Т. Современные информационные технологии в медицинских исследованиях: непараметрические методы сравнения данных по качественному признаку с использованием языка R / С.Т. Касюк, Т.Н. Шамаева // Cloud of Science. — 2020. — Т.7. — № 2. — С. 320–333.
3. Package «e1071», October 14, 2020, Version 1.7–4 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cran.r-project.org/web/packages/e1071/e1071.pdf> (дата обращения: 09.03.2021).
4. Pamulaparty, L. Cluster analysis of medical research data using R / L. Pamulaparty, C.V. Guru Rao, M. Sreenivasa Rao // Global journal of computer science and technology: C software & data engineering. — 2016. — V. 16. — № 1. — P. 17–22.
5. Breast Cancer Coimbra Data Set [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer+Coimbra> (дата обращения: 09.03.2021).
6. Трухачёва, Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica / Н.В. Трухачёва. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. — 384 с.
7. Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic) Data Set [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer+Wisconsin+%28Diagnostic%29> (дата обращения: 09.03.2021).
8. Касюк, С.Т. Анализ и прогнозирование спортивных данных в нейронных сетях: учеб.-метод. пособие / С.Т. Касюк. — Челябинск: Уральская Академия, 2014. — 72 с.
9. Ciaburro, G. Neural networks with R / G. Ciaburro, V. Venkateswaran. — Birmingham: Packt Publishing, 2017. — 314 p.
10. Wehrens, R. Self- and super-organizing maps in R: The kohonen package / R. Wehrens, L. Buydens // Journal of Statistical Software. — October 2007. — V. 21. — № 5 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.jstatsoft.org/issue/view/v021> (дата обращения: 09.03.2021).
11. Package «kohonen», December 26, 2019, Version 3.0.10 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cran.r-project.org/web/packages/kohonen/kohonen.pdf> (дата обращения: 09.03.2021).

12. Breast Tissue Data Set [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Tissue> (дата обращения: 09.03.2021).
13. Gower, J.C. A general coefficient of similarity and some of its properties / J.C. Gower // *Biometrics*. — 1971. — Dec. — V. 27. — № 4. — P. 857–871.
14. Kaufman, L. Clustering by means of medoids / L. Kaufman, P.J. Rousseeuw // *Statistical data analysis based on the L1-norm and related methods*. — Springer US. — 1987. — P. 405–416.
15. Clustering mixed data types in R [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://dpmartin42.github.io/posts/r/cluster-mixed-types> (дата обращения: 09.03.2021).
16. Breast Cancer Data Set [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer> (дата обращения: 09.03.2021).
17. Алгоритмы кластеризации, основанные на разделении [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ranalytics.github.io/data-mining/101-Partitioning-Algos.html> (дата обращения: 09.03.2021).

© Касюк Сергей Тимурович (sergey.kasyk@gmail.com),

Диденко Галина Александровна (rga80@mail.ru), Степанова Оксана Александровна (okalst@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



«Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

10.37882/2223–2966.2021.04–2.12

ТРАНСФЕРНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ СВЁРТОЧНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ ДИАГНОСТИКИ ПУЛЬМОНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

TRANSFER APPROACH TO THE TRAINING OF CONVOLUTIONAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE TASK OF DIAGNOSING PULMONOLOGICAL DISEASES

**V. Maslennikov
S. Daeva**

Summary. The article is devoted to the study of the application of the transfer approach to the training of convolutional artificial neural networks when working with medical graphic materials. An algorithm for developing a classifier based on convolutional neural networks for detecting pneumonia on digital images of chest X-rays is proposed. The study shows the advantages of the considered approach to the training of convolutional neural networks, as well as the advantages of the classifier developed on its basis over analogues.

Keywords: artificial intelligence, transfer learning, convolutional neural networks, pneumonia detection, classifier.

Масленников Владимир Владимирович
Российский технологический университет МИРЭА
vldmsn@yahoo.com

Даева Софья Георгиевна
К. ф. - м. н., доцент, Российский технологический университет МИРЭА

Аннотация. Статья посвящена исследованию вопросов применения трансферного подхода к обучению свёрточных искусственных нейронных сетей при работе с медицинскими графическими материалами. Предложен алгоритм разработки классификатора на основе свёрточных нейронных сетей для обнаружения пневмонии на цифровых изображениях рентгеновских снимков грудных клеток. Проведённое исследование показывает преимущества рассматриваемого подхода к обучению свёрточных нейронных сетей, а также достоинства разработанного на его основе классификатора перед аналогами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, трансферное обучение, свёрточные нейронные сети, обнаружение пневмонии, классификатор.

Введение

С каждым годом всемирное развитие медицины в области производства высокотехнологичных и инновационных продуктов обеспечивает общество всё более качественными и доступными вариантами поддержки и укрепления здоровья населения нашей планеты. Несмотря на это, не все из них могут гарантировать высокоточные методы определения у человека разного рода заболеваний. Следует отметить и влияние так называемого человеческого фактора, ведь не всегда врач в силу каких-либо причин и особенностей способен увидеть в живом организме развивающуюся болезнь. Так, например, воспаление лёгочных тканей или пневмония достаточно часто имеет свойство носить скрытый характер, что может приводить к смертельному исходу в случае её позднего обнаружения [1]. В связи с этим для разрешения подобных проблем применяются разнообразные технологии, работающие на базе искусственных нейронных сетей [2, 3]. Одной из таких технологий является компьютерное зрение, используемое для создания машин, способных обнаруживать, отслеживать и классифици-

ровать различные типы объектов. Если задачи обнаружения и отслеживания являются основополагающими в рассматриваемой технологии, то задача классификации есть второстепенная и представляет собой соотношение исследуемого объекта, как вектора значений признаков, с определённым классом. Однако, решение задач классификации не всегда даёт желаемые результаты, поскольку очень часто возникает ситуация, при которой количество значений признаков оказывается недостаточным для точной классификации, что, в свою очередь, может приводить к «семантическому разрыву», то есть к отсутствию понимания информации, заключённой в данных, и, соответственно, к возможному соотношению объекта с несколькими классами. В итоге эта ошибка ведёт к неудовлетворительно низкой точности работы нейронной сети и, как следствие, приводит к неверному диагнозу у пациента. Во избежание подобных проблем в последние годы при разработке классификаторов активно практикуется использование трансферного обучения, находящее своё применение не только в медицинской области, но и во многих других сферах, начиная от обычных прикладных задач, и заканчивая задачами в нейролингвистическом про-

граммировании, например, задачами предсказания следующих слов в предложении [4].

В предлагаемой автором статье исследуются аспекты использования трансферного обучения при работе с медицинскими графическими материалами, в частности при выявлении пневмонии на рентгеновских снимках грудных клеток, а также рассматривается его влияние на точностные характеристики искусственных нейронных сетей.

1. Теоретическая часть

1.1. Нейронные сети и виды их архитектур

В современном мире искусственные нейронные сети — это быстро развивающийся механизм, который используется для обучения компьютеров, роботов и аналитических систем разумному человеческому мышлению [5] за счёт нейросетевых методов, основанных на применении различных типов нейронных сетей. Так как многие другие изобретения человека в научно-технической сфере исходят от идей по жизнедеятельности биологических организмов, то и любая искусственная нейронная сеть, в частности её архитектура, берёт своё начало от естественных «живых» нейронных сетей. По этой причине они имеют несколько схожий принцип действия.

Приводя в пример схему работы нейронной сети, стоит отметить, что первоначально на входной слой сети поступает определённый набор информации в виде сигналов, передающихся при помощи синапсов с собственными весовыми коэффициентами следующему слою нейронов. При этом информация, полученная каждым из нейронов — это сумма всех данных, перемноженных на свой весовой коэффициент. Затем итоговое значение подставляется в функцию активации, что и формирует выходную информацию, следующую до конечного выхода. Это есть последний этап в алгоритме действия сети.

Несмотря на то, что представленная схема является общей для всех нейронных сетей, их архитектура может быть совершенно разной. Вследствие этого стоит кратко рассмотреть некоторые виды таких архитектур.

1. Перцептрон, имеющий самую простую архитектуру и представляющий собой математическую или компьютерную модель восприятия информации мозгом человека [6]. Перцептрон состоит из сенсоров, ассоциативных элементов и одного сумматора. Процесс обучения такой архитектуры заключается в обычном изменении весовых коэффициентов, после чего перцептрон может

выполнять функции распознавания образов и обобщения понятий.

2. Нейронная сеть адаптивной резонансной теории, действующая по принципу соотнесения входного изображения с одним из классов в том случае, если оно достаточно соответствует прототипу данного класса. Такой эффект достигается благодаря базовой архитектуре сети, включающей группу входных обрабатывающих нейронов, группу распознающих нейронов и группу управляющих нейронов.
3. Нейронная сеть прямого распространения сигнала или сеть радиально-базисных функций, ключевой особенностью архитектуры которой является содержание в сети скрытого слоя радиально симметричных нейронов, способных преобразовывать расстояние от входного вектора до определённого «центра» по какому-либо нелинейному закону. На выходе такой сети образуется линейная комбинация нейронных параметров и радиально-базисных функций, находящих своё применение не только в задачах классификации, но и в прогнозировании временных рядов [7].
4. Свёрточная нейронная сеть, являющаяся одной из нескольких форм многослойных нейронных сетей и имеющая довольно широкое применение в работе с графической и звуковой информацией [8]. Главная идея архитектуры такой сети заключается в использовании общих синаптических коэффициентов, чередовании свёрточных слоёв со слоями подвыборки, а также в обеспечении двумерной связности нейронов в локальных рамках, что оказывает благоприятный эффект не только на точность, но и на скорость классификации предоставляемых на вход сети цифровых изображений.

С учётом вышесказанного можно сделать вывод о целесообразности использования именно свёрточной нейронной сети при работе с медицинскими графическими материалами.

1.2. Модель Mask R-CNN

При работе с цифровыми изображениями в качестве основы для выделения их элементов, может использоваться модель Mask R-CNN, разработанная при помощи высокоуровневого языка программирования Python версии 3.0, открытой нейросетевой библиотеки Keras, нацеленной на работу с сетями глубокого обучения, и библиотеки машинного обучения TensorFlow [9]. Такая модель даёт возможность генерировать ограничительные рамки и маски сегментации для каждого из экземпляров объекта на целевом изображении. Модель

Таблица 1. Параметры этапов обучения нейронной сети

№ этапа	Скорость обучения	Число эпох	Эпоха начала обучения	Слой	Аугментация
1	0.012	2	1	верхний	нет
2	0.006	6	3	все	да
3	0.0012	16	7	все	да

является стандартной свёрточной нейронной сетью, осуществляющей работу в роли экстрактора признаков: например, если на вход подаётся изображение размером 1024x1024x3, то свёрточная сеть может превратить его в карту признаков размером 32x32x2048 [10], используемую в дальнейшем в виде входных данных для последующих слоёв. Кроме этого, рассматриваемая модель содержит модуль, называемый Region Proposal Network (RPN). Благодаря большому количеству полей с предопределёнными ограничительными рамками заданной ширины и высоты RPN проводит сканирование карты признаков на предмет присутствия нужного объекта. Затем модель принимает предложенную RPN область с объектом в качестве входных данных и выводит классификацию с ограничивающей рамкой. На заключительном этапе работы модели, исходя из выбранных модулем положительных регионов, в качестве выходных данных генерируется маска пикселей размером 28x28, охватывающая все пиксели, которые занимает объект на изображении.

1.3. Трансферный подход к обучению

Один из ключевых аспектов в разработке любой нейронной сети — это процесс её обучения и, как сказано ранее, наиболее актуальным является трансферный подход. Главная идея этого подхода состоит в «решении поставленной проблемы на основе «готовых данных», полученных в результате решения аналогичных задач» [11, с. 8]. Как известно, свёрточные нейронные сети состоят из нескольких слоёв: входного, выходного и множества уровней скрытых слоёв, отвечающих за выполнение операций для изменения входных данных в целях изучения специфических для них характеристик. Например, среди скрытых слоёв нижние могут распознавать края, детали и другие мельчайших элементов на изображении. Последние же слои определяют категорию изображения. Трансферное обучение даёт возможность переобучить последний слой нейронной сети на небольшом пользовательском наборе изображений, что значительно сокращает время, затрачиваемое на обучение модели в целом, и в дальнейшем использовать оставшуюся модель распознавания по второму разу без изменения структуры [12].

1.4. Разработка классификатора для обнаружения пневмонии на рентгеновских снимках

Для разработки классификатора, предназначенного для решения задачи выявления воспалительного процесса в лёгких (пневмонии) на рентгеновских снимках грудных клеток, предлагается использовать следующий алгоритм, реализующий учёт совокупности всех вышеназванных факторов.

1. Взять готовый экземпляр свёрточной нейронной сети Mask R-CNN[9]. Осуществить импорт соответствующих библиотек для настройки классов, конфигурирующих обучение сети.
2. Применить для реализации процесса обучения модели Mask R-CNN трансферный подход с использованием предварительно обученных весов COCO (Common Objects in Context) [13], представляющих собой связи между нейронами, «натренированные» при помощи модели Mask R-CNN на наборах данных COCO от компании Microsoft и сохранённые в файле с иерархическим форматом данных.h5.

Процесс обучения нейронной сети предлагается разделить на три этапа, каждый из которых имеет соответствующие ему параметры (таблица 1).

На первом этапе предлагается использовать высокий коэффициент скорости обучения для того, чтобы максимально быстро «натренировать» верхний слой нейронной сети. Обучение на данном этапе проводится в течение двух эпох (итераций работы нейронной сети, которые включают в себя предъявление всех элементов обучающей выборки и проверку качества обучения на тестовой выборке).

Второй этап предлагается осуществлять с пониженным в два раза коэффициентом скорости обучения. Значение числа эпох устанавливается равным шести. Обучение продолжается с третьей эпохи, а в самом процессе задействуются все слои нейронной сети. При этом выполняется аугментация, позволяющая увеличить объём обучающей выборки посредством модификации

	val_loss	val_rpn_class_loss	val_rpn_bbox_loss	val_mrcnn_class_loss	val_mrcnn_bbox_loss	val_mrcnn_mask_loss
1	1.620174	0.019989	0.499384	0.224194	0.483136	0.393469
2	1.551982	0.025763	0.486674	0.213167	0.459840	0.366533
3	1.466383	0.017147	0.451255	0.188478	0.424972	0.384519
4	1.445297	0.014090	0.393461	0.221944	0.432236	0.383553
5	1.479642	0.014302	0.458050	0.212715	0.413680	0.380881
6	1.423630	0.012183	0.442380	0.181016	0.413563	0.374472
7	1.273788	0.011006	0.395211	0.128471	0.371854	0.367231
8	1.333833	0.011734	0.463713	0.111168	0.378438	0.368766
9	1.303161	0.011025	0.409615	0.128954	0.382112	0.371440
10	1.275731	0.010077	0.376540	0.144807	0.374715	0.369577
11	1.329650	0.010255	0.436387	0.138612	0.375533	0.368848
12	1.295761	0.010512	0.410356	0.130317	0.371950	0.372612
13	1.287467	0.010315	0.402464	0.144363	0.364404	0.365905
14	1.330533	0.009559	0.433231	0.153592	0.366991	0.367145
15	1.311978	0.010093	0.417572	0.153361	0.363597	0.367341
16	1.291173	0.009408	0.384802	0.154610	0.372381	0.369957

Рис. 1. Лучшая эпоха обучения по показателю потерь при валидации

имеющихся в наборе данных (изображений). В частности, для модификации изображений применяются:

- ◆ аффинные преобразования (масштабирование, перемещение, поворот, сдвиг);
- ◆ изменение яркости и контраста;
- ◆ изменение резкости;
- ◆ добавление размытия.

На третьем этапе предлагается снизить скорость обучения сети в пять раз. Обучение продолжается с седьмой эпохи, а общее число эпох в алгоритме фиксируется на значении шестнадцать. В процессе обучения по-прежнему участвуют все слои нейронной сети и также выполняется аугментация.

3. Определить, какая из эпох обучения была лучшей, то есть имела наименьший коэффициент потерь при валидации, для гарантирования высокого уровня обработки сетью входных типовых данных в дальнейшем.
4. Установить лучшую эпоху в качестве рабочей. Выполнить настройку отображения результатов, получаемых вследствие анализа входных графических материалов.

5. Приступить к проверке рентгеновских снимков лёгких из набора тестовых DICOM-изображений на наличие локальных очагов воспаления, возникающих при наличии бактериальной или вирусной пневмонии.

2. Экспериментальная часть

Обучение модели Mask R-CNN на основе трансферного подхода и предварительно обученных весов COCO на каждой из эпох даёт различные результаты коэффициента потерь при валидации. Однако, как видно из рисунка 1, наименьший коэффициент получается на эпохе № 7.

После рентгенографического исследования лёгких снимки не только печатаются на специальной плёнке, но и сохраняются в виде электронных файлов с расширением.dcm формата DICOM, содержащих цифровые изображения, которые могут подаваться на вход нейронной сети. В качестве обучающего графического материала с такими изображениями был взят набор данных RSNA (Pneumonia Detection Challenge), предо-

```
ID пациента.....: 19d67232-2d92-4486-b9bb-f8355f5d2a74
Возраст.....: 41
Пол.....: M
Исследование.....: CR
Способ осмотра.....: CHEST
Положение осмотра.....: AP
Размер изображения.....: 1024 x 1024, 114698 bytes
Расстояние между пикселями..: [0.168, 0.168]
```

```
Локальный очаг №1: точность - 0.99, x - 204.0, y - 504.0, ширина - 232.0, высота - 216.0
Локальный очаг №2: точность - 0.97, x - 600.0, y - 304.0, ширина - 212.0, высота - 220.0
Локальный очаг №3: точность - 0.96, x - 288.0, y - 188.0, ширина - 164.0, высота - 168.0
```

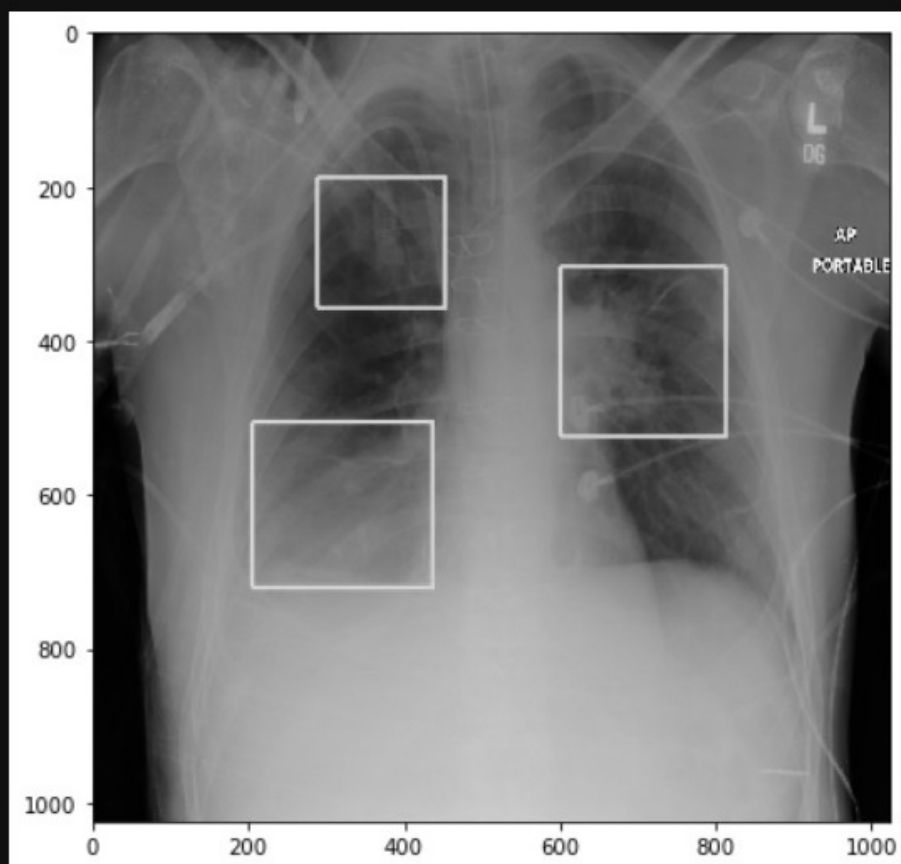


Рис. 2. Результат обработки изображения рентгеновского снимка грудной клетки

ставляемый системой Kaggle, которая занимается организацией конкурсов по исследованию информации [14]. Набор данных включает в себя 26684 обучающих и 3000 тестовых DICOM-изображений, а также *xlsx*-файл с предустановленными характеристиками для тренировочных изображений: идентификатором пациента, идентификатором наличия воспаления, координатами воспалительной области по осям x и y , её шириной и высотой.

Результаты обработки случайно взятого из набора изображения представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, на нём указаны описание рентгеновского снимка, координаты и точность каждого найденного и классифицированного локального очага воспаления лёгких, а также сам снимок с обозначенными на нём областями очагов пневмонии. В зависимости от поступающего на вход сети изображения

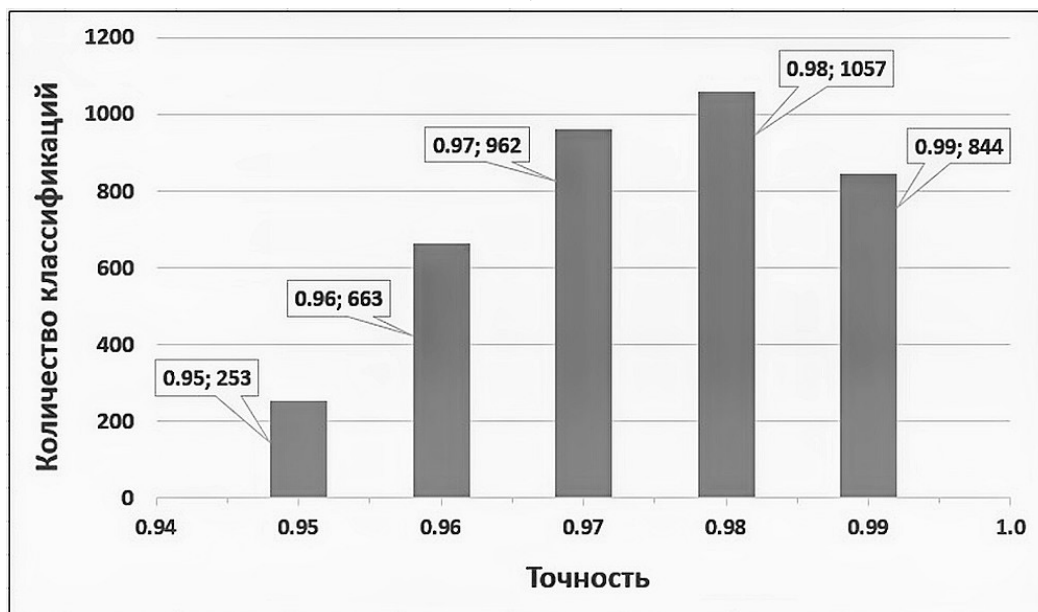


Рис. 3. Гистограмма общих результатов обработки изображений

лёгких таких выделяемых областей может быть большое количество. Однако при проверке нейронной сети на тестовом наборе изображений итоги классификации варьировались от одного до трёх очагов с минимальной точностью определения равной 95%. Результаты по обработке всех снимков из тестового набора подсчитаны в полной мере на следующей гистограмме (рисунок 3). На ней видно, что из всего набора с тремя тысячами тестовых изображений пневмония была классифицирована 253 раза с точностью 0.95 (95%), 663 раза с точностью 0.96 (96%) и 962 раза с точностью 0.97 (97%). Больше всего классификаций (1057 раз) проведено с точностью 0.98 (98%), а максимальная точность классификации была достигнута со значением 0.99 или 99% (844 раза).

В разных литературных источниках описывается большое количество нейросетевых средств, помогающих диагностировать пневмонию на рентгеновских снимках грудных клеток. Например, согласно [15] в одном из экспериментов рассматривается задача классификации воспаления лёгких, решаемая с использованием архитектуры Mask R-CNN и глубокого обучения на базе набора данных RSNA от Kaggle. Исследование

показало, что применение сочетания указанной сетевой модели и обучения типа «deep learning» даёт результат только в 78,06% точности, что на 16,94% меньше минимального показателя, полученного автором при помощи комбинации трансферного подхода с глубоким обучением. Данный факт показывает не только успешность такого подхода, но и целесообразность его эксплуатации в различных промышленных, и тем более, в медицинских системах, где крайне важную роль играют критерии скорости и точности решения различного рода насущных задач.

Заключение

В работе был предложен алгоритм разработки классификатора для обнаружения пневмонии лёгких на цифровых изображениях рентгеновских снимков грудных клеток, включающий в себя применение методики глубокого обучения с трансферным подходом. Результаты показали, что разработанный классификатор заметно превосходит аналоги по показателю точности. Кроме того, предлагаемый алгоритм является универсальным инструментом, что позволяет использовать его в абсолютно любом секторе мирового хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симптомы пневмонии скрытая форма // Здоровые лёгкие. [Электронный ресурс]: <https://pnevmonii.net.ru/simptomny-pnevmonii-skrytaya-forma.html> (дата обращения: 09.02.2021).
2. Wang Q, Bi S, Sun M, Wang Y, Wang D, Yang S (2019) Deep learning approach to peripheral leukocyte recognition. PLoS ONE14(6): e0218808. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218808>.

3. Kadam, K., Ahirrao, S., Kaur, H., Phansalkar, S., & Pawar, A. (2019). Deep Learning Approach for Prediction of Pneumonia, *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8 (10): 2986–2989.
4. The Illustrated BERT, ELMo and co. (How NLP Cracked Transfer Learning) // *GITHUB blog*. [Электронный ресурс]: <https://jalanmar.github.io/illustrated-bert> (дата обращения: 09.02.2021).
5. Щурина С.В., Данилов А.С. Искусственный интеллект как технологическая инновация для ускорения развития экономики. *Экономика. Налоги. Право*. 2019;12(3):125–133. DOI: 10.26794/1999–849X-2019–12–3–125–133.
6. Нейронные сети, перцептрон // *Университет ИТМО*. [Электронный ресурс]: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Нейронные_сети,_перцептрон (дата обращения: 15.02.2021).
7. Сеть радиальных базисных функций // *Распознавание*. [Электронный ресурс]: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Сеть_радиальных_базисных_функций (дата обращения: 23.02.2021).
8. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Искусственные нейронные сети и приложения. Казань: Казанский университет, 2018.
9. Mask R-CNN for Object Detection and Segmentation. [Электронный ресурс]: https://github.com/matterport/Mask_RCNN (дата обращения: 26.02.2021).
10. Buric, Matija & Pobar, Miran & Ivašić-Kos, Marina. (2018). Ball Detection Using Yolo and Mask R-CNN. P. 319–323. DOI: 10.1109/CSCI46756.2018.00068.
11. Казаков О.Д., Михеенко О.В. Трансфертное обучение и доменная адаптация на основе моделирования социально-экономических систем // *Бизнес-информатика*. 2020. Т. 14. № 2. С. 7–20. DOI: 10.17323/2587–814X.2020.2.7.20.
12. Трансферное обучение: Как классифицировать изображения с помощью машинного обучения Tensorflow // *Уроки по программированию, DevOps и другим IT-технологиям*. [Электронный ресурс]: <https://coderlessons.com/articles/programmirovanie/transfernoe-obuchenie-kak-klassifitsirovat-izobrazheniia-s-pomoshchiu-mashinnogo-obuchenii-tensorflow> (дата обращения: 02.03.2021).
13. Download COCO pre-trained weights. [Электронный ресурс]: https://github.com/matterport/Mask_RCNN/releases/download/v2.0/mask_rcnn_coco.h5 (дата обращения: 05.03.2021).
14. RSNA Pneumonia Detection Challenge // *Kaggle: Your Machine Learning and Data Science Community*. [Электронный ресурс]: <https://www.kaggle.com/rsna-pneumonia-detection-challenge> (дата обращения: 08.03.2021).
15. Elshennawy N.M., Ibrahim D.M. Deep-Pneumonia Framework Using Deep Learning Models Based on Chest X-Ray Images. *Diagnostics* 2020, 10, 649. P. 2–3.

© Масленников Владимир Владимирович (vldmsn@yahoo.com), Даева Софья Георгиевна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

MODEL OF CORPORATE COMPUTING RESOURCES MANAGEMENT OF EDUCATIONAL COMPLEX

M. Naumov
O. Romashkova
T. Ermakova
S. Chiskidov

Summary. The purpose of work is in that with use of software to develop models of functioning and the database (DB) of the information system (IS) of management of the computing resources of corporate network (CRCN) of the educational complex (EC) of Moscow including the average general education and preschool educational organizations on the basis of which this research was conducted in the structure for modeling of business processes and creation of models of the DB. The results of the study are the developed models of operation and DB of the information system, reflecting the main aspects of the management process of the CRCN educational complex. The developed models of operation and DB of the information system formed the basis for the further development of the prototype IS for EC and will allow in the future to automate the process of managing CRCN.

Keywords: educational complex, computing resources, corporate network, information system, database model, complete attributive model.

Наумов Максим Александрович

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
mnaumov@yandex.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Д.т.н., профессор, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
ox-rom@yandex.ru

Ермакова Татьяна Николаевна

К.т.н., доцент, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
ermaktat@bk.ru

Чискидов Сергей Васильевич

К.т.н., доцент, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»
chis69@mail.ru

Аннотация. Цель работы заключается в том, чтобы с использованием программных средств для моделирования бизнес-процессов и создания моделей базы данных (БД) разработать модели функционирования и БД информационной системы (ИС) управления вычислительными ресурсами корпоративной сети (ВРКС) образовательного комплекса (ОК) Москвы, включающего в свой состав средние общеобразовательные и дошкольные образовательные организации, на базе которого проводилось данное исследование. Результатом проведенного исследования являются разработанные модели функционирования и БД информационной системы, отражающие основные аспекты процесса управления ВРКС образовательного комплекса. Разработанные модели функционирования и БД информационной системы легли в основу дальнейшей разработки прототипа ИС для ОК и позволят в будущем автоматизировать процесс управления ВРКС.

Ключевые слова: образовательный комплекс, вычислительные ресурсы, корпоративная сеть, информационная система, модель базы данных, полная атрибутивная модель.

Введение

На сегодняшний день в образовательных комплексах Москвы, включающих в свой состав средние общеобразовательные и дошкольные образовательные организации, перед административно-управленческим персоналом и педагогическими работниками остро стоит проблема автоматизации процесса управления ВРКС, которая до сих пор является нерешенной [1]. В процессе ведения учета ВРКС,

заявок на получение ВР и техническую поддержку, комплектующих изделий для обеспечения работы вычислительной техники заместитель директора ОК по информатизации и сотрудники подразделения информационных технологий ОК пользуются традиционными формами документации, представленной в бумажном и электронном виде разных форматов и извлеченной из разных информационных источников [2]. Следствием этого является несвоевременное и порой ошибочное формирование команд, которые

должны обеспечивать управление ВРКС в ОК. Заместителю директора ОК по информатизации и сотрудникам подразделения информационных технологий ОК приходится тратить большое количество времени на то, чтобы найти оперативные данные, необходимые для управления ВРКС, что также негативным образом отражается на качестве осуществления стоящих перед ними задач [3].

В работах отечественных и зарубежных исследователей представлены описания научных разработок, посвященных предоставлению вычислительных услуг научным и промышленным предприятиям, а также другим организациям, занимающимся бизнесом. Особую роль в изученных научных источниках играют высокопроизводительные вычисления и суперкомпьютерные технологии, позволяющие выполнять актуальные прикладные и фундаментальные задачи из прогрессивных научных и технических сфер деятельности, для решения которых необходимы огромные мощности вычислительной техники, в частности, связанных с искусственным интеллектом, робототехникой, науками с высоким уровнем использования данных [4].

В научных исследованиях зарубежных исследователей Ding F., Mey D., Wienke S., Zhang R., посвященных проблемам получения доступа к высокопроизводительным ресурсам через облачные сервисы, проанализирован функционал открытых облачных платформ (Amazon, IBM, Google), рассмотрены подходы к применению специальных вычислительных ускорителей для повышения производительности вычислительных комплексов, для увеличения возможностей применения облачных платформ, требующих использования гибридных архитектур построения вычислительных систем.

В научных трудах отечественных исследователей С.М. Абрамова, В.В. Воеводина, С.И. Смагина, Б.Н. Четверушкина, Б.М. Шабанова представлен анализ направлений и подходов к разработке высокопроизводительных вычислительных систем, основанных на гибридных архитектурах, состояния и возможностей суперкомпьютеров из перечня Top 500, предложена методика объективной оценки производительности вычислительных систем, представленных в данном перечне.

Также этими учеными рассмотрены алгоритмы и инструментальные средства, позволяющие проводить параллельную обработку данных в многомашинных, в т.ч. гибридных системах, а также проблемы виртуализации при облачном подходе к предоставлению сервисов высокопроизводительных вычислений.

Можно сделать вывод, что исследования, проводимые учеными в сфере высокопроизводительных вычислений с использованием гибридных комплексов, являются актуальными.

Также необходимо отметить, что требуют более глубокого изучения такие вопросы, как:

- ◆ организация процесса вычислений при синхронном выполнении задач, возникающих в разных областях науки и техники и для решения которых необходима автоматическая или автоматизированная разработка программного кода, осуществляемого в гибридной среде;
- ◆ создание настроенной под индивидуальные потребности программной среды реализации;
- ◆ разработка методов интеграции с цифровыми платформами.

В работе в качестве объекта исследования рассматриваются бизнес-процессы, отражающие процесс управления ВРКС в ОК, а предметом исследования является процесс проектирования ИС управления ВРКС ОК.

Решение задачи проектирования информационной системы управления ВРКС в ОК легло в основу проводимого исследования.

В настоящее время среди существующего специального программного обеспечения отсутствует информационная система, позволяющая комплексно решать поставленные задачи по учету и распределению вычислительных ресурсов в крупной организации. Рассмотрим несколько информационных систем, которые могут решить задачу автоматизации процесса управления вычислительными ресурсами в образовательной организации:

1. ITSM 365 — инструментальное средство, обладающее требующимися функциональными возможностями, позволяющими организациям автоматизировать процессы получения, учета, систематизации, обработки и контроля выполнения пользовательских заявок и обращений.
2. Система IntraService, предназначенная для обеспечения технической поддержки пользователей, включает в свой состав службу ServiceDesk. Благодаря наличию данной службы пользователи системы получают возможность принимать заявки посредством электронной почты, телефона, интерфейса IntraService или путем заполнения специальной формы на web-сайте. Имеется функция, уведомляющая пользователей о появлении новых заявок или о внесении изменений в уже полученные заявки. Один из главных модулей «Заявки и инциденты» включен



Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня

в состав системы IntraService и позволяет увеличить скорость и привести к определенным стандартам работу с заявками и инцидентами, оперативно контролировать ход их выполнения, вести учет трудовых затрат и формировать отчетные документы.

3. Линейка прикладных решений, работающих на базе технологической платформы 1С: Предприятие 8.3, позволяет автоматизировать организационные и учетные процессы на разных типах предприятий. Эти продукты обладают удобным интерфейсом, инструментами для формирования аналитической отчетности и администрирования системы, средствами для анализа и поиска информации, возможностями к интеграции [5, 6].
4. Программное средство «1С: ИТIL Управление информационными технологиями предприятия СТАНДАРТ» предназначено для автоматизации работы ИТ-подразделений организаций и сервисных компаний. Пользователи системы получают возможность управлять работой служб,

обеспечивающих техническую поддержку, работать с обращениями клиентов, формировать список сервисов и соглашений о качестве предоставляемых услуг, вести учет оборудования и программного обеспечения.

5. GLPI — русифицированный программный инструмент, работающий на базе СУБД MySQL и позволяющий проводить инвентаризацию компьютерного оборудования и оргтехники. С помощью GLPI можно также организовать службу технической поддержки путем автоматизации процесса обработки сообщений пользователей.

Проведя анализ функциональных возможностей данных систем, можно сделать вывод, что без доработки ни один из рассмотренных инструментов автоматизации не сможет обеспечить комплексное решение проблем, стоящих перед заместителем директора по информатизации образовательного комплекса и сотрудниками подразделения информационных технологий, чья деятельность связана с ведением учета и выде-

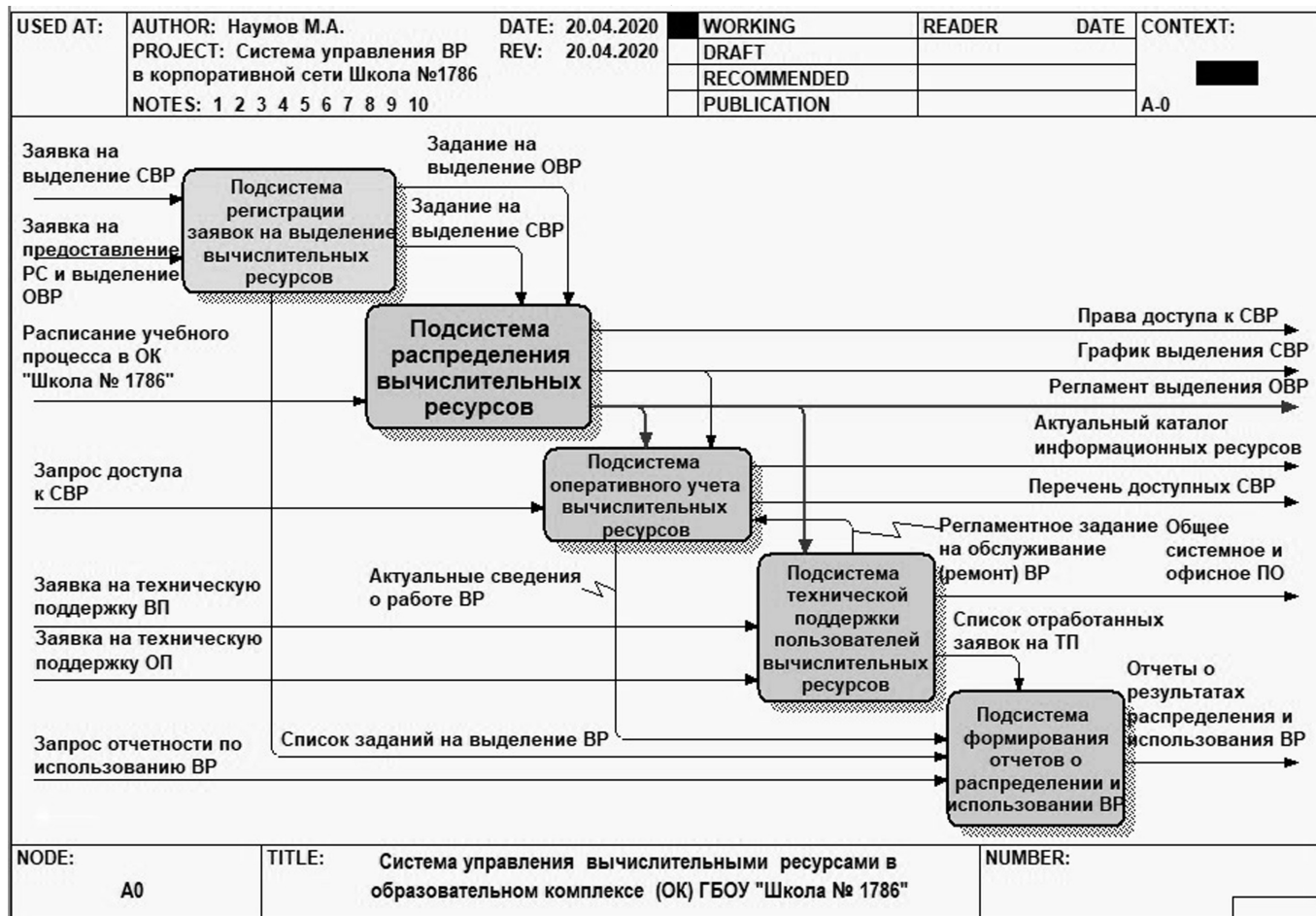


Рис. 2. Контекстная диаграмма уровня А0

лением ВРКС, и требуется разработать новую систему, используя при этом возможности систем, построенных на базе технологической платформы 1С: Предприятие.

На основе проведенного анализа был сформирован перечень функциональных требований, предъявляемых к проектируемой ИС управления ВРКС ОК:

- ◆ ведение базы данных по ВР сети, учебным подразделениям ОК, сотрудникам подразделения информационных технологий, а также мероприятиям, связанных с обеспечением технической поддержки пользователей сети ОК;
- ◆ автоматизированный учет заявок на выделение ВР сети ОК;
- ◆ автоматизированный учет заявок на техническую поддержку пользователей сети ОК;
- ◆ автоматизация процессов оперативного учета и распределения вычислительных ресурсов в сети ОК;
- ◆ формирование отчетов о результатах распределения и использования вычислительных ресурсов в сети ОК.

Разработка модели функционирования информационной системы управления вычислительными ресурсами корпоративной сети в образовательном комплексе

Разработка модели функционирования ИС управления ВРКС в образовательном комплексе была выполнена посредством инструментария CA ERWin Process Modeler и методологии DFD [7].

Контекстная диаграмма верхнего уровня, показывающая, каким образом происходит использование ИС управления ВРКС в образовательном комплексе в целом, представлена на рисунке 1.

К основным внешним сущностям, осуществляющим взаимодействие с данной информационной системой, относятся учебные подразделения, отделы и службы администрации, подразделение информационных технологий ОК, заместители директора по информатизации и по УНР. Внешние сущности за-

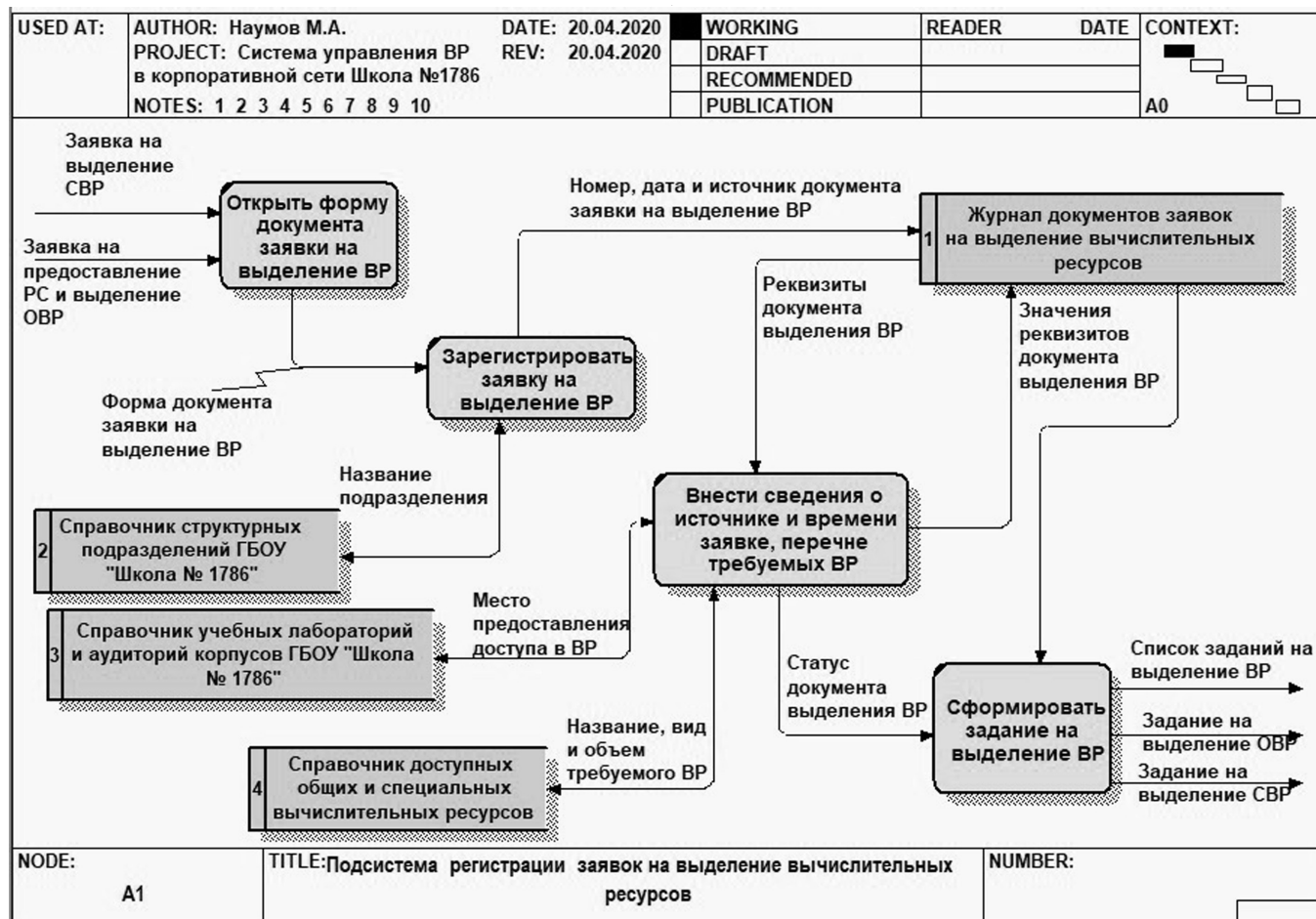


Рис. 3. Диаграмма потоков данных подсистемы регистрации заявок на выделение вычислительных ресурсов

нимаются регистрацией и обработкой заявок на выделение пользователям общих и специальных вычислительных ресурсов (ОВР, СВР) разных видов, а также на получение технической поддержки в процессе организации и осуществления образовательного процесса (ОП). Также в их обязанности входит формирование регламентов и графиков использования ВР, учет разных категорий заявок по их важности, статусу, происхождению, виду, ответственным за выполнение, списку необходимых действий, а также в зависимости от времени, необходимого для того, чтобы устранить имеющуюся неисправность. К функционалу заместителя директора по информатизации также относится формирование отчетов, отражающих полученный эффект в результате проведения работ по выделению и применению ВР.

В дальнейшем основная подсистема «Система управления вычислительными ресурсами в образовательном комплексе (ОК) ГБОУ «Школа 1786» была детализирована. В результате проведенной детализации

можно увидеть на рисунке 2 контекстную диаграмму уровня А0.

Было выполнено разбиение центральной подсистемы «Система управления вычислительными ресурсами в образовательном комплексе (ОК) ГБОУ «Школа 1786» на несколько подсистем:

- ◆ регистрации заявок на выделение ВР;
- ◆ распределения ВР;
- ◆ оперативного учета ВР;
- ◆ технической поддержки пользователей ВР;
- ◆ формирования отчетов о распределении и использовании ВР.

После поступления заявки на регистрацию в системе происходит назначение задания на выделение СВР и ОВР, за выполнение которого отвечает подсистема распределения ВР. При формировании отчетной документации учитываются права доступа пользователей к СВР, график и регламент выделения ресурсов, список возможных СВР. Также в системе обрабатываются за-

Таблица 1. Описание сущностей, входящих в состав модели базы данных

Имя сущности	Характеристика
1	2
Подразделение	Содержит данные о подразделениях ОК
Место доступа ВР	Хранит данные о местах доступа к вычислительным ресурсам
РС	Хранит данные о рабочих станциях
Состав РС	Хранит данные о составе рабочих станций
Пользователь ВР	Хранит данные о пользователях вычислительных ресурсов
Сотрудник ПИТ	Хранит данные о сотрудниках подразделения информационных технологий
Расходный материал	Хранит данные о расходных материалах
Вычислительный ресурс	Хранит данные о вычислительных ресурсах корпоративной сети образовательного комплекса
Характеристика ВР	Хранит данные о характеристиках вычислительных ресурсов
Заявка на ВР	Хранит данные о заявках на выделение ВР
Состав заявки ВР	Хранит данные о составе заявок на выделение ВР
Заявка на ТП	Хранит данные о заявках на обеспечение технической поддержки пользователей
Состав заявки ТП	Хранит данные о составе заявок на обеспечение технической поддержки пользователей

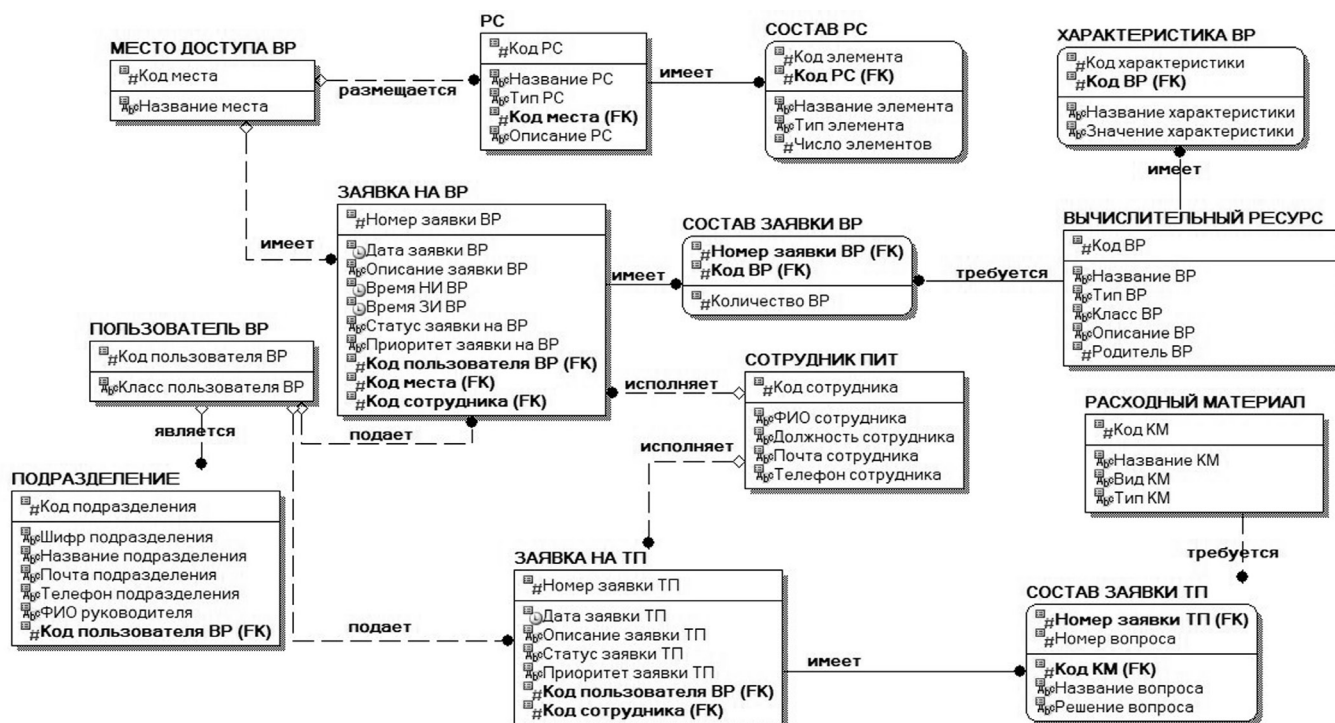


Рис. 4. Полная атрибутивная модель БД ИС для ОК

явки на обслуживание (ремонт) ВР, для их выполнения необходимо иметь актуальные данные о функционировании ВР. После получения всех необходимых данных происходит формирование отчета, отражающего полученный эффект в результате проведения работ по выделению и применению ВР.

Рассмотрим детализацию подсистемы регистрации заявок на выделение ВР, представленной в виде диаграммы потоков данных на рисунке 3.

Для начала работы с заявкой необходимо произвести открытие шаблона документа, содержащего заказ на предоставление ВР, и осуществить регистрацию данной заявки, далее нужно выполнить ввод данных о происхождении и времени заказа и списке требуемых ВР, а также оформить поручение на предоставление ВР.

Также на диаграмме потоков данных представлены накопители данных, содержащие необходимую информацию о принятых заявках на предоставление ВР, доступных ОВР и СВР и структурных подразделениях, учебных лабораториях и аудиториях корпусов ГБОУ «Школа № 1786».

Разработка модели базы данных информационной системы управления ВРКС образовательного комплекса

Модель БД ИС управления ВРКС ОК реализована посредством использования инструмента CA ERwin Data Modeler. Благодаря данному инструментарию достигается возможность консолидации с CA ERwin Process Modeler для создания схемы данных разрабатываемой системы, основанием для разработки которой выступила спроектированная ранее модель функционирования. Модель, разработанная в среде инструментарию CA ERwin Data Modeler, традиционно представляется

на двух уровнях: логическом и физическом. На логическом уровне выделяют три вида диаграмм: полная атрибутивная модель, диаграмма сущность-связь и модель данных, основанная на ключах, на физическом уровне представления данных выделяется трансформационная модель БД [8, 9].

Таблица 1 содержит информацию о характеристиках сущностей, включенных в состав модели БД ИС управления ВРКС ОК.

Полную атрибутивную модель (FA-модель) БД ИС управления ВРКС ОК можно увидеть на рисунке 4. Отношения на данной диаграмме сводятся к третьей нормальной форме, а содержание модели отражают созданные сущности, реквизиты и отношения, возникающие между ними.

Созданные модели функционирования и БД, отражающие деятельность по автоматизации процесса управления ВРКС ОК, применены в процессе разработки ИС управления ВРКС в ОК.

Заключение

Авторами проанализированы функциональные возможности представленного на рынке инструментарию, позволяющего автоматизировать работы по управлению вычислительными ресурсами корпоративной сети образовательного комплекса. По результатам проведенного обследования объекта автоматизации создана модель функционирования ИС управления ВР корпоративной сети образовательного комплекса.

Создана модель базы данных ИС управления ВРКС ОК, служащая основанием для дальнейшего создания прототипа ИС, позволяющей автоматизировать процессы, связанные с управлением вычислительными ресурсами образовательной организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Этапы реализации методики выбора информационной модели для оценки показателей качества обучения // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 7-й научно-практической интернет-конференции. отв. ред. Ю.С. Нагорнов. — 2016. — С. 318–321.
2. Zverev S., Cardiff J., Stefanovskiy D., Alexandrov M., Catena A., Shushkevich E. Classification of Schoolchildren on Professional Trajectories Using Experience of Successful Specialists // В сборнике: IEEE2019 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2019 — Proceedings. 14. 2019. С. 215–219.
3. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Мониторинг качества образования в средней общеобразовательной организации с использованием современных средств информатизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. № 4. С. 10–17.
4. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей качества обучения образовательного комплекса // В сборнике: Технологии информационного общества. X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016. С. 388–389.

5. Romashkova, O.N., Ponomareva, L.A., Chiskidov, S.V. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities // CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2019 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2019. С. 92–101.
6. Ермакова Т.Н., Ромашкова О.Н. Объединенная информационная модель управления образовательным комплексом // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологических систем. материалы Всероссийской конференции с международным участием. Российский университет дружбы народов. 2015. С. 128–130.
7. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Моделирование информационных процессов управления образовательным комплексом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. № 2. С. 122–129.
8. Gaidamaka, Y.V., Romashkova, O.N., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
9. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Прикладная и компьютерная математика. 2003. Т. 2. № 1. С. 23–31.

© Наумов Максим Александрович (manu00@yandex.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru),

Ермакова Татьяна Николаевна (ermaktat@bk.ru), Чискидов Сергей Васильевич (chis69@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский городской педагогический университет

К ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ В ДОРОЖНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ V2X

IMPLEMENTING DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGIES IN V2X ROAD INFRASTRUCTURE

**A. Salagaev
S. Molodyakov**

Summary. Blockchain technologies are defining a new decentralized paradigm for most traditional applications, where smart contracts provide a straightforward mechanism for decentralized governance. In this work, we propose an approach for decentralized V2X (D-V2X) that does not require any trusted authority and can be implemented on top of any communication protocol.

Keywords: intelligent transport systems, blockchain, security, privacy, identity, bluetooth low energy V2X, smart-contracts, directed acyclic graphs.

Салагаев Артем Андреевич

Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
gitsartem@gmail.com

Молодяков Сергей Александрович

Д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
molodyakov_sa@spbstu.ru

К Аннотация

Аннотация. Технологии блокчейн определяют новую парадигму децентрализации для большинства традиционных приложений, в которой смарт-контракты обеспечивают простой механизм децентрализованного управления. В этой работе предлагается подход для децентрализованного V2X (D-V2X), который не требует никаких доверенных полномочий и может быть реализован поверх любого протокола связи.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, блокчейн, безопасность, конфиденциальность, идентификация, Bluetooth с низким энергопотреблением, смарт-контракты, направленный ациклический граф, V2X.

Введение

В ближайшие несколько лет в автомобильном секторе промышленности произойдёт множество изменений, среди которых появятся новые услуги и предложения по обеспечению мобильности, что будет являться следствием глубоких технологических преобразований в этих секторах. Но одна вещь не изменится — водитель является единственным действующим лицом, ответственным за принятие решений в автомобиле.

Существует множество вариантов взаимодействия с «Подключённым автомобилем» (Connected Vehicle (CV)) [1]: V2V (между автомобилями); V2I (транспортная инфраструктура); I2V (от инфраструктуры до автомобиля); V2P (от транспортного средства к пешеходу); и V2X (от транспортного средства к чему-либо). Но, несмотря на современные технологии V2X, то есть C-V2X и 802.11p, необходимые для продвинутого автономного вождения, в течение ещё многих лет на дорогах будут водители-люди. Вождение — это децентрализованный процесс, где инфраструктура даёт некоторые рекомендации, но в конечном итоге водители взаимодействуют друг с другом, чтобы все работало. По мере того, как технологии V2X выходят на рынок, водители смогут пользоваться всей доступной дополнительной

информацией, что приведёт к повышению безопасности дорожного движения и эффективности вождения.

Типичная связь V2X осуществляется в широкополосном режиме, когда некоторые элементы инфраструктуры или транспортные средства передают соответствующую информацию ближайшим транспортным средствам. В этих сценариях существуют различные требования безопасности, которые могут иметь значение [2]: аутентификация, целостность сообщения, контроль доступа, конфиденциальность сообщений, доступность, конфиденциальность и анонимность. Двумя основными факторами безопасности, которые должна обеспечивать любая интеллектуальная транспортная система (ИТС) являются аутентификация и целостность сообщений. Транспортные средства должны аутентифицировать отправителя полученных сообщений и быть уверенными, что их целостность сохраняется, прежде чем использовать какую-либо информацию в этих сообщениях. Конфиденциальность не так важна для коммуникаций ИТС, поскольку информация обычно представляет интерес для любого соседнего транспортного средства, но конфиденциальность очень важна, когда транспортные средства делятся своей позицией. В текущих стандартах ИТС используются псевдонимы, чтобы затруднить отслеживание местоположения транспортного средства

внешними объектами и защитить его личность. Транспортным средствам выдаётся несколько «несвязанных» псевдонимных сертификатов, которые при определённых обстоятельствах, например, плохо управляемые автомобили, могут быть полностью отозваны с помощью управляемой дорожной инфраструктуры. Хотя использование этих псевдонимных сертификатов необходимо для защиты конфиденциальности, этого недостаточно: все другие идентификаторы протокола, например, MAC-адрес, порядковые номера, IP-адреса, порты и т.д., также должны быть изменены соответствующим образом. Более того, все ещё существует проблема RF-отпечатка [3], который может идентифицировать радиоизлучатель, даже если все идентификаторы удалены.

Внедрение технологии DLT в V2X

Увеличение объёма информации в транспортных средствах следующего поколения также потребует новых механизмов для обеспечения целостности и подлинности всех данных о транспортных средствах, а также соблюдения требований конфиденциальности. Децентрализованный характер этой информации и тот факт, что вождение автомобиля основано в основном на общедоступных данных, обеспечивают некоторые основы для подхода к ИТС с помощью блокчейна с целью предоставления открытой, прозрачной и безопасной децентрализованной платформы ИТС.

Одна из первых работ, посвящённых вопросам ИТС с использованием технологий блокчейн, датируется 2016 годом. В [4] авторы представляют предварительное исследование ИТС на основе блокчейн. Работа носит в основном концептуальный характер, хотя они представляют собой тематическое исследование для сервисов совместного использования поездок в реальном времени на основе блокчейнов. Другие авторы в [5] пытаются объединить транспортные сети Ad-hoc (VANET) и концепции приложений на основе блокчейна Ethereum, чтобы обеспечить прозрачные, самоуправляемые и децентрализованные сервисы ИТС без необходимости в центральном управляющем органе. Эта работа в основном сосредоточена на регулировании дорожного движения, налогообложении транспортных средств и страховании транспортных средств. В [6] блокчейн используется для предотвращения мошенничества с одометрами при сохранении принципов конфиденциальности. Записи хранятся в зашифрованном виде во внутреннем хранилище, а блокчейн используется для предотвращения подделки зашифрованных записей. Предотвращение мошенничества с одометром является типичным вариантом использования блокчейна [7] и послужило основой для различных прототипов Proof-of-Concept [8]. На рынке уже есть решение в этой линейке: VinChain 1. В [9] авторы предлагают использо-

вать блокчейн для реализации системы страховых записей, которая может включать все аспекты страховых транзакций. В [10] авторы предлагают использовать технологию блокчейн для формирования автомобильной цепочки блоков, которая выполняет распределённое хранение данных и безопасный обмен данными. Однако этот подход не касается управления сетью — реальной проблемой для развёртывания ИТС. В последнее время появились предложения использовать блокчейн для передачи данных в парадигме Интернета транспортных средств (IoV). В [11] авторы предлагают гибридную архитектуру блокчейна и машинное обучение для выбора узлов. В [12] предлагается использование глубокого машинного обучения для реализации интеллектуально-го кэширования данных с использованием блокчейна в Vehicle Edge Computing (VEC).

Проблемы внедрения

Общей проблемой для всех подходов к ИТС является обеспечение связи V2X. В зависимости от приложения могут использоваться разные технологии, поскольку не все из них имеют один и тот же критичный диапазон по времени. Например, для подключённой информационной службы светофора требования к максимальной задержке менее строгие, чем для приложений V2V, таких как совместное смягчение движения или предотвращение столкновений или адаптивный круиз-контроль, где несколько дополнительных миллисекунд могут быть разницей между столкновением с автокатастрофой или её предотвращением. Как правило, они не критичны по времени, если их можно реализовать с помощью обычных сетей 4G / LTE [13], т.е. с максимальной задержкой более 100 мс. Некоторые автопроизводители уже предоставляют услуги ИТС, используя сотовую связь вместо прямой связи I2V. Например, Audi запустила Audi Traffic Light Information в Лас-Вегасе в 2016 году и начала тестировать её в Европе в 2019 году с целью внедрения Time-to-Green во всех автомобилях. Чтобы получить доступ к этой услуге, у вас должен быть автомобиль Audi, совместимый с их услугой подписки, тогда как при использовании прямой связи информацию получит любой автомобиль, находящийся достаточно близко. Используя прямую связь, система не зависит исключительно от сотовой сети. С другой стороны, прямая связь в соответствии с действующими стандартами ИТС потребует установки специального оборудования в автомобиле.

Для массового внедрения коммуникаций V2X нам нужна широко распространённая и доступная по цене технология. 5G обещает стать фактором поддержки V2X, но до тех пор, пока 5G не получит широкого глобального распространения, стоимость этой технологии будет препятствием. Если мы попытаемся найти технологию связи ближнего действия, уже широко используемую

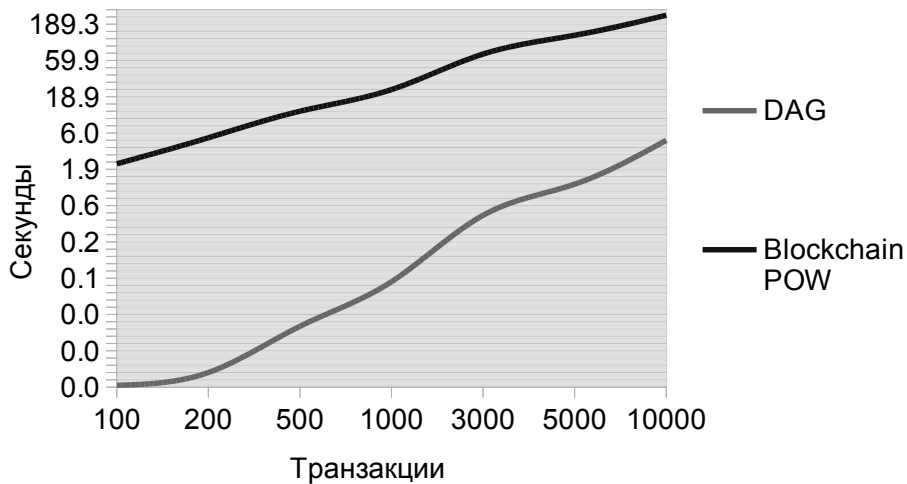


Рис. 1. Зависимость транзакции от времени

по доступной цене, и там, где любое устройство может общаться с любым устройством, находящимся поблизости — Bluetooth Low Energy — единственный выбор. Согласно обновлению рынка Bluetooth за 2019 год [14], более 3 миллиардов устройств Bluetooth были поставлены с поддержкой Bluetooth Low Energy. Все смартфоны, выпущенные в 2019 году, включали Bluetooth, большинство из них с Bluetooth Low Energy. Что касается операционных систем, то наиболее представительные, то есть iOS и Android, поддерживает Bluetooth Low Energy с 2013 года, расширяя сценарии использования Bluetooth, от услуг на основе определения местоположения [15] до IoT [16]. Некоторые авторы даже проанализировали пригодность BLE для критичных по времени промышленных приложений IoT [17]. Несмотря на то, что ранее предпринимались попытки реализовать услуги ИТС через Bluetooth Low Energy [18], она опирается на уменьшенную модель безопасности из-за ограничения, наложенного в BLE4.0 на широкоэвещательные сообщения, т.е. 31 байт.

Блокчейн на основе ориентированного ациклического графа

Так как V2X по сути своей это разновидность IoT, то для внедрения технологии распределенных реестров (DLT) необходимо учитывать некоторые ограничения и требования [19], относящиеся к инфраструктуре IoT. Поэтому предлагается использовать в V2X блокчейн на основе ориентированного ациклического графа [19]. В ходе данного исследования был разработан прототип, моделирующий создание и обработку большого количества сообщений. Моделируется создание двух блокчейнов: традиционного с майнингом

и на основе графа без майнинга. Результаты моделирования можно посмотреть на Рис. 1, где изображена зависимость количества транзакций от времени. Однако, стоит отметить, что на данный момент в версии с графом отсутствует механизм консенсуса, что должно снизить эффективность, но концептуально такой подход по-прежнему остаётся предпочтительным в IoT, за счёт скорости обработки сообщений.

Заключение

Одним из основных препятствий для массового внедрения этих технологий является управление. Текущие решения основаны на использовании инфраструктуры с открытым крипто-ключом, которая обеспечивает безопасное сотрудничество между различными объектами в экосистеме V2X, но, учитывая глобальный масштаб, управление такой инфраструктурой требует заключения соглашений между многими сторонами, что приводит к конфликту интересов между автопроизводителями и операторами электросвязи. В результате доступно множество вариантов использования и две зрелые коммуникационные технологии, но сложность на бизнес-уровне не позволяет драйверам использовать преимущества приложений ИТС. Технологии блокчейн определяют новую парадигму децентрализации для большинства традиционных приложений, в которой смарт-контракты обеспечивают простой механизм децентрализованного управления. В этой работе предлагается подход для децентрализованного V2X (D-V2X), который не требует никаких доверенных полномочий и может быть реализован поверх любого протокола связи. Технология для D-V2X готова к применению, и уже существуют аппаратные платформы, способные ее запустить. D-V2X может

не заменить отраслевые стандарты в краткосрочной перспективе, но, как часть усилий сообщества, некоторые дополнительные услуги могут быть реализованы через D-V2X. Такие технологии, как DID и VC, могут обеспечить полностью децентрализованную инфраструктуру идентификации для приложений ИТС. Чтобы иметь полностью децентрализованную среду, любой должен иметь доступ к этой технологии. Необходимо устранить технологические барьеры, поэтому некоторые варианты использования ИТС могут быть реализованы с использованием BLE — широко распространённой технологии,

уже присутствующей во всех современных смартфонах и транспортных средствах. Основная проблема, с которой мы сейчас сталкиваемся, — это как оптимизировать соединение с блокчейном как для транспортных средств, так и для участников дорожного движения. В качестве дальнейшего исследования планируется разработать блокчейн на основе ациклического графа, что может помочь устранить проблему со сложностью соединения блокчейна и дорожной инфраструктуры, за счёт уменьшенного времени обработки транзакции и древовидной архитектуры цепочек.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.E. Shladover, "Connected and automated vehicle systems: Introduction and overview," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 22, no. 3, pp. 190–200, 2018.
2. A. Ghosal and M. Conti, "Security issues and challenges in V2X: A Survey," *Computer Networks*, vol. 169, no. 107093, pp. 1–20, 2020.
3. B. Danev, D. Zanetti, and S. Capkun, "On physical-layer identification of wireless devices," *ACM Comput. Surv.*, vol. 45, no. 1, Dec. 2012.
4. Y. Yuan and F. Wang, "Towards blockchain-based intelligent transportation systems," in *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2016, pp. 2663–2668.
5. B. Leiding, P. Memarmoshrefi, and D. Hogrefe, "Self-managed and blockchain-based vehicular ad-hoc networks," in *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct, ser. UbiComp '16*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016, pp. 137–140.
6. M. Chanson, A. Bogner, F. Wortmann, and E. Fleisch, "Blockchain as a privacy enabler: An odometer fraud prevention system," in *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers, ser. UbiComp '17*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017, pp. 13–16.
7. P. Fraga-Lamas and T.M. Fernández-Caramés, "A review on blockchain technologies for an advanced and cyber-resilient automotive industry," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 17 578–17 598, 2019.
8. L.R. Abbade, F.M. Ribeiro, M.H. d. Silva, A.F.P. Morais, E.S. d. Morais, E.M. Lopes, A.M. Alberti, and J.J. P.C. Rodrigues, "Blockchain applied to vehicular odometers," *IEEE Network*, vol. 34, no. 1, pp. 62–68, 2020.
9. M. Demir, O. Turetken, and A. Ferworn, "Blockchain based transparent vehicle insurance management," in *2019 Sixth International Conference on Software Defined Systems (SDS)*, 2019, pp. 213–220.
10. J. Kang, R. Yu, X. Huang, M. Wu, S. Maharjan, S. Xie, and Y. Zhang, "Blockchain for secure and efficient data sharing in vehicular edge computing and networks," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 4660–4670, 2019.
11. Y. Lu, X. Huang, K. Zhang, S. Maharjan, and Y. Zhang, "Blockchain empowered asynchronous federated learning for secure data sharing in internet of vehicles," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 69, no. 4, pp. 4298–4311, 2020.
12. Y. Dai, D. Xu, K. Zhang, S. Maharjan, and Y. Zhang, "Deep reinforcement learning and permissioned blockchain for content caching in vehicular edge computing and networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 69, no. 4, pp. 4312–4324, 2020.
13. Z. Xu, X. Li, X. Zhao, M. Zhang, and Z. Wang, "Dsrc versus 4g-lte for connected vehicle applications: A study on field experiments of vehicular communication performance," *Journal of advanced transportation*, vol. 435, Aug. 2017.
14. Bluetooth SIG, Inc., "Bluetooth market update 2019," 2019, <https://www.bluetooth.com/bluetooth-resources/2019-bluetooth-market-update/>.
15. R. Faragher and R. Harle, "Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons," *IEEE journal on Selected Areas in Communications*, vol. 33, no. 11, pp. 2418–2428, 2015.
16. J. Fürst, K. Chen, H.-S. Kim, and P. Bonnet, "Evaluating bluetooth low energy for IoT," in *2018 IEEE Workshop on Benchmarking Cyber Physical Networks and Systems (CPSBench)*. IEEE, 2018, pp. 1–6.
17. R. Rondón, M. Gidlund, and K. Landernäs, "Evaluating bluetooth low energy suitability for time-critical industrial IoT applications," *International Journal of Wireless Information Networks*, vol. 24, no. 3, pp. 278–290, 2017.
18. K. Thomas, H. Fouchal, S. Cormier, and F. Rousseaux, "Intelligent transport system based on bluetooth," in *International Workshop on Communication Technologies for Vehicles*. Springer, 2019, pp. 50–59.
19. Салагаев А.А., Молодяков С.А. Внедрение технологии распределенного реестра в инфраструктуру IoT // XXIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2020). Сборник докладов. СПб. 27–29 мая 2020 г. С. 163–165

МЕТОД РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ЗАВИСИМЫМИ ОТКАЗАМИ

METHOD FOR CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS OF COMPLEX SYSTEMS WITH DEPENDENT FAILURES

K. Chaadaev

Summary. The article discusses an approach based on a universal method for describing a specific technical system and an algorithm for obtaining numerical values of reliability indicators. Practical use of the proposed method greatly simplifies the software implementation of the algorithm for calculating the reliability indicators of complex systems with dependent failures. The developed method makes it possible to expand the class of applied problems of the theory of reliability to be solved.

Keywords: complex system, dependent failures, digital twin, logical-probabilistic approach, operability function, reliability.

Чаадаев Кирилл Витальевич

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
vkchaadaev@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается подход, основанный на универсальном методе описания конкретной технической системы и алгоритме получения численных значений показателей надежности. Практическое использование предлагаемого метода значительно упрощает программную реализацию алгоритма расчета показателей надежности сложных систем с зависимыми отказами. Разработанный метод позволяет расширить класс решаемых прикладных задач теории надежности.

Ключевые слова: зависимые отказы, логико-вероятностный подход, надежность, сложная система, функция работоспособности, цифровой двойник.

Введение

Постиндустриальная модель развития подошла к исчерпанию своих производительных возможностей к началу XXI века, о чем свидетельствуют последние кризисы и снижение темпов экономического роста. В настоящее время мир стоит на пороге новой промышленной революции, находясь в той стадии трансформации, когда инновации из различных сфер деятельности взаимно проникают и изменяют друг друга. Индустрия 4.0 (Industry 4.0) подразумевает переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой [1]. Разработка, модернизация и внедрение во все сферы деятельности таких сложных технических систем, таких как средства связи и коммуникации, системы мониторинга и управления производственными процессами, промышленные контроллеры, цифровые системы анализа и обработки данных, носят массовый характер, что требует новых подходов к расчету показателей надежности. Требования к функциональности и условиям эксплуатации технической системы определяют встречные требования к ее высокой надежности, показатели которой зависят от большого количества элементов, входящих в ее состав. Надежность отдельно взятых элементов системы,

в результате научно-технического прогресса, постоянно увеличивается, но сложность технических систем растет гораздо большими темпами.

В работах И.К. Волкова и Е.А. Загоруйко [2], С.Г. Конесева и Р.Т. Хазиевой [3], В.И. Левина [4, 5] рассматриваются вопросы, математического моделирования, связанные с необходимостью построения адекватных моделей расчета показателей надежности многоэлементных, требующих резервирования технических систем. В указанных работах проводится теоретические исследования в различных разделах теории надежности, рассматриваются логико-вероятностные методы, марковские и полумарковские случайные процессы, прогнозирование безотказности электронной элементной базы и др. Также сформированы подходы к решению задач по расчету показателей надежности с использованием средств вычислительной техники.

Изучение и анализ ряда работ [6–10] показал, что основными, представляющими интерес для изучения, являются следующие основные вопросы теории и практики надежности сложных технических систем:

- ◆ математическое моделирование функционирования системы, разработка методов, алгоритмов и программ расчета, анализа и прогнозирования надежности сложных систем,

- ◆ проведение полевых испытаний на надежность в различных условиях эксплуатации;
- ◆ организация технической эксплуатации, обеспечивающей сохранении параметров надежности в течение жизненного цикла системы;
- ◆ поиск, разработка и внедрение методов и способов обеспечения и повышения надежности работоспособности сложных систем при недостаточной надежности составляющих ее элементов.

Первый из приведенных вопросов является определяющим, поскольку от его решения прямо или косвенно зависят остальные. Именно поэтому разработка методов показателей надежности сложных технических систем представляется важной и актуальной задачей. В свою очередь, для вычисления показателей надежности сложных технических систем требуется разработка имитационной математической модели, алгоритмов и прикладных программ для ЭВМ, цифровых двойников. Предлагается, с учетом имеющихся наработок осуществить разработку метода показателей надежности сложных систем с зависимыми отказами, включая алгоритм ее машинной реализации для разработки программного приложения, имитирующего цифрового двойника технической системы, необходимого для проведения с ним экспериментов по вычислению показателей надежности.

Постановка задачи

Под сложными системами с зависимыми отказами будем понимать технические устройства с большим числом элементов, соединение которых в систему не сводится к параллельно-последовательному. Зависимость элементов понимается в том смысле, что отказ каких-либо элементов меняет режим работы других элементов или на совокупность элементов влияет общий случайный фактор [11].

Представляет интерес выбор достаточно универсального метода построения математической модели надежности, обладающей необходимой общностью для описания сложных систем с зависимыми отказами. Общим и универсальным методом построения математических моделей надежности является метод непосредственного подсчета показателей надежности сложных систем, основанный на положениях теории вероятности и теории множеств. Однако этот подход требует высокой степени подготовки исследователя и значительного времени для построения конкретной математической модели.

- ◆ В случае экспоненциального закона распределения вероятностей времени работы элементов (пуассоновского потока отказов) расчет может

проводиться на основе марковской модели с дискретными состояниями и непрерывным временем [12, 13]. В этом случае на основании словесного описания структуры и зависимости между элементами и принципа функционирования и восстановления работоспособности системы определяется множество возможных состояний системы. По известному критерию отказов элементов все состояния делятся на два класса: работоспособности и отказа. Далее строится граф переходов, вершинами которого являются возможные состояния системы, а ребрами – критерии отказа элементов;

- ◆ законы распределения вероятностей времени безотказной работы элементов;
- ◆ законы распределения вероятностей времени восстановления элементов;
- ◆ описание зависимости элементов;
- ◆ описание структуры элементов.

Исходные данные непосредственно являются параметрами для генерации соответствующего алгоритма анализа и получения численных значений показателей надежности. Такая схема имеет место при использовании метода статистического моделирования, основным недостатком которого является высокая длительность вычислений. В случае, если необходимо определить вероятностные показатели системы при известных вероятностных показателях работоспособности (отказа) элементов, то в этом случае может быть реализован общий логико-вероятностный алгоритм [16]. Ниже приведен логико-вероятностный подход к построению общего алгоритма и программы для случая структурно-сложных систем с зависимыми отказами и его сравнение с алгоритмом статистического моделирования.

Функция работоспособности (отказа) сложной системы представляется в дизъюнктивной (конъюнктивной) форме, а именно:

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) = \bigvee_{i=1}^m K_i, \quad i \leq 2^n \quad (1)$$

где: X_1, X_2, \dots, X_n — элементы сложной системы;

K_i — элементарная конъюнкция ранга;

$$K_i = X_1^{\beta_{i1}} * X_2^{\beta_{i2}} * \dots * X_r^{\beta_{ir}}, \quad r \leq n;$$

$$X^{\beta} = \begin{cases} X & \beta = 1, \\ \bar{X} & \beta = 0' \end{cases}$$

m — число элементарных конъюнкций в описании структуры сложной системы.

В данном выражении предполагается, то между элементами X_j существует вероятностная зависимость, то есть отказ некоторых элементов приводит к изме-

нению вероятности отказа других элементов. В общем случае для любого элемента можно записать:

$$X_j^{\delta_j} | X_1^{\delta_1} X_2^{\delta_2} \dots X_{j-1}^{\delta_{j-1}} X_{j+1}^{\delta_{j+1}} \dots X_m^{\delta_m}, \text{ где } m > n$$

При этом каждый элемент характеризуется условной вероятностью:

$$P(X_j^{\delta_j} | X_1^{\delta_1} X_2^{\delta_2} \dots X_{j-1}^{\delta_{j-1}} X_{j+1}^{\delta_{j+1}} \dots X_m^{\delta_m})$$

Кроме того, для учета временной последовательности отказов элементов вводим вероятность реализации элементарных конъюнкций $P(K_i)$. Для данной модели оказывается справедливой теорема, рассмотренная в [17] о вероятности истинности произвольной функции алгебры логики, то есть для расчета показателей надежности сложных систем, описываемых моделью (1), необходимо представить эту модель в виде ортогональной дизъюнктивной нормальной формы (ОДНФ):

$$y = \bigvee_{i=1}^m K_i = K_1 \bar{V} \bar{K}_1 K_2 \bar{V} \bar{K}_2 K_3 V \dots \bar{V} \bar{K}_1 \bar{K}_2 \dots \dots \bar{K}_1 \bar{K}_2 \dots \bar{K}_{m-1} K_m = \bigvee_{i=1}^m O_i, \tag{2}$$

где

$$O_i = \bigvee_{q=1}^k O_q$$

$$O_q = (X_1^{\delta_1} | X_2^{\delta_2} X_3^{\delta_3} \dots X_{m_1}^{\delta_{m_1}}) (X_2^{\delta_2} | X_3^{\delta_3} \dots X_{m_2}^{\delta_{m_2}}) \dots \dots (X_q^{\delta_q} | X_1^{\delta_1} \dots X_{m_q}^{\delta_{m_q}}),$$

то есть каждый элемент может быть зависимым от ряда других элементов.

При этом, если у элементарной конъюнкции O_q отсутствует элемент X_p , от которого зависит элемент X_j , то элемент X_p должен быть введен в эту конъюнкцию на основании теоремы разложения, а именно:

$$O_q = X_1 X_2 \dots (X_j | X_p) \dots X_{p-1} X_{p+1} \dots X_{m_q} = X_1 X_2 \dots [(X_j | X_p) X_p \vee (X_j | \bar{X}_p) \bar{X}_p] \dots X_{p-1} X_{p+1} \dots X_{m_q}$$

Вероятность работоспособности (отказа) сложной системы при этом определяется выражением:

$$P(y) = \sum_{i=1}^m P [O_i (P(X_j^{\delta_j} | X_1^{\delta_1} \dots X_{j-1}^{\delta_{j-1}} X_{j+1}^{\delta_{j+1}} \dots X_m^{\delta_m}))], \tag{4}$$

где $P(O_i)$ — вероятность реализации выражения O_i ;

$P(X_j^{\delta_j} | X_1^{\delta_1} \dots X_{j-1}^{\delta_{j-1}} X_{j+1}^{\delta_{j+1}} \dots X_m^{\delta_m})$ — условная вероятность функционирования элемента.

Рассмотрим пример.

Пусть система, состоящая из двух приемопередатчиков (ПМ-ПД), работающих на различных направлениях связи, одного резервного ПМ-ПД, подключающегося при выходе любого из основных ПМ-ПД, и системы питания, включающей первичных источник (ПИ) — сеть переменного тока — и быстродействующий стабилизатор напряжения (СТ). При выходе из строя СТ возможно питание системы ПМ-ПД «в обход» стабилизатора (ОБХ) — непосредственно от ПИ.

Будем считать, что приоритеты направлений связи одинаковы и, следовательно, в случае, если резервный ПМ-ПД работает на одно из направлений связи (из-за выхода из строя основного ПМ-ПД, выход из строя другого ПМ-ПД не приведет к соответствующему переключению резервного ПМ-ПД. При выходе из строя СТ и питания системы ПМ-ПД через элемент ОБХ вероятность отказа ПМ-ПД возрастает, причем, при медленных изменениях питающего напряжения в определенных пределах, отказ ПМ-ПД происходит независимо друг от друга, а при быстрых изменениях питающего напряжения (импульсах) или медленных изменениях сверх определенных пределов отказ ПМ-ПД происходит одновременно и, следовательно, может рассматриваться как отказ ПИ.

На рис. 1 представлена структура рассматриваемой системы.

На рис. 1 введены обозначения: P_1 — ПМ-ПД одного направления связи, P_2 — ПМ-ПД другого направления связи, PR — резервный ПМ-ПД.

Введем следующие формальные обозначения элементов: P_1 — X_1 , P_2 — X_2 , PR — X_3 , CT — X_4 , $ОБХ$ — X_5 , $ПИ$ — X_6 .

Тогда исходя из работы системы можно произвести следующее описание зависимости элементов: $X_1 | X_4$, $X_2 | X_4$, $X_3 | X_4$, $X_6 | X_4$, то есть имеет место однократная зависимость 4-х элементов системы.

Для простоты вычислений примем следующие вероятности отказов элементов:

$$P(\bar{X}_1 | \bar{X}_4) = P(\bar{X}_2 | \bar{X}_4) = P(\bar{X}_3 | \bar{X}_4) = P(\bar{X}_6 | \bar{X}_4) = 0,2$$

$$P(\bar{X}_1 | X_4) = P(\bar{X}_2 | X_4) = P(\bar{X}_3 | X_4) = P(\bar{X}_6 | X_4) = 0,1$$

$$P(\bar{X}_4) = P(\bar{X}_5) = 0,1$$

Кроме этого, будем считать, что вероятность выхода одного из ПМ-ПД раньше другого одинакова для обоих ПМ-ПД и, следовательно, равна 0,5.

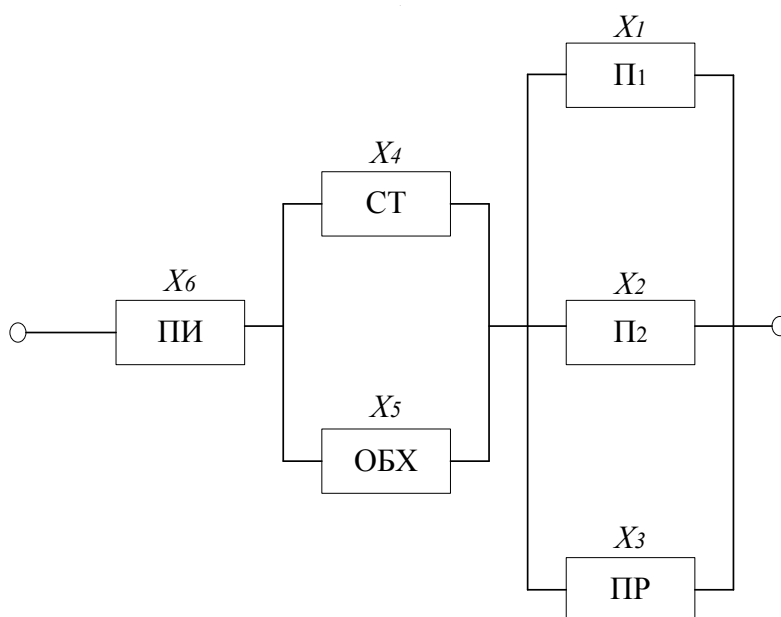


Рис. 1. Структура рассматриваемой системы

Тогда функция отказа первого направления связи может быть описана следующим образом (обозначает, что вероятность реализации данной конъюнкции равна 0,5 — учитывает временную последовательность выхода из строя П₁ и П₂):

$$\bar{y} = \bar{X}_6 V \bar{X}_4 \bar{X}_5 V \bar{X}_1 \bar{X}_3 V [\bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3]_{0,5} \quad (5)$$

После ортогонализации получим:

$$\bar{y} = \bar{X}_6 V \bar{X}_4 \bar{X}_5 X_6 V \bar{X}_1 \bar{X}_3 X_4 X_6 V \bar{X}_1 \bar{X}_3 \bar{X}_4 X_5 X_6 V [\bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 X_5 X_6]_{0,5}$$

или с учетом зависимости элементов:

$$\bar{y} = ((\bar{X}_6 | X_4) X_4 V (\bar{X}_6 | \bar{X}_4) \bar{X}_4) V \bar{X}_4 \bar{X}_5 (X_6 | \bar{X}_4) V (\bar{X}_1 | X_4) (\bar{X}_3 | X_4) X_4 (X_6 | X_4) V (\bar{X}_1 | \bar{X}_4) (\bar{X}_3 | \bar{X}_4) \bar{X}_4 X_5 (X_6 | \bar{X}_4) V [(\bar{X}_1 | X_4) (\bar{X}_2 | X_4) (X_3 | X_4) X_4 (X_6 | X_4)]_{0,5} V [(\bar{X}_1 | \bar{X}_4) (\bar{X}_2 | \bar{X}_4) (X_3 | \bar{X}_4) \bar{X}_4 X_5 (X_6 \bar{X}_4)]_{0,5}$$

Переходя к вероятностной функции, получаем:

$$P(y) = (P(\bar{X}_6 | X_4) P(X_4) + P(\bar{X}_6 | \bar{X}_4) P(\bar{X}_4)) + P(\bar{X}_4) P(\bar{X}_5) P(X_6 | \bar{X}_4) + P(\bar{X}_1 | X_4) P(\bar{X}_3 | X_4) P(X_4) P(X_6 | X_4) + P(\bar{X}_1 | \bar{X}_4) P(\bar{X}_3 | \bar{X}_4) P(X_5) P(X_6 | \bar{X}_4) + 0,5 [P(\bar{X}_1 | X_4) P(\bar{X}_2 | X_4) P(X_3 | X_4) P(X_4) P(X_6 | X_4)] + 0,5 [P(\bar{X}_1 | \bar{X}_4) P(\bar{X}_2 | \bar{X}_4) P(X_3 | \bar{X}_4) P(\bar{X}_4) P(X_5) P(X_6 | \bar{X}_4)]$$

Подставив значения вероятностей, получим результат $P(\bar{y}) = 0,134$.

Алгоритм преобразования

Алгоритм ортогонализации, изложенный в [18], плохо приспособлен для реализации на ЭВМ, так как предусматривает необходимость производства большого числа операций типа $X^*X=X$, а также операций перемножения полных булевых матриц, что существенно усложняет разработку программного обеспечения, задействует ограниченные ресурсы средств вычислительной техники и серверного оборудования.

Ниже предлагается алгоритм, свободный от указанных недостатков. Алгоритм основан на попарном сравнении элементарных конъюнкций в исходной дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ) и их анализе на совместимость и выделении несовместных конъюнкций путем последовательного применения теоремы разложения.

При этом используются отношения:

- ♦ совместность: $A \cap B \neq 0$,
например, $A = X_1 X_2 X_5$, $B = X_1 X_2 \bar{X}_3$,
 $(X_1 X_2 X_5) \cap (X_1 X_2 \bar{X}_3) = X_1 X_2 \bar{X}_3 X_5 \neq 0$;
- ♦ включение: $A \subset B = B$, например, $A = X_1 X_2 X_5$,
 $B = X_1 X_2$, $(X_1 X_2 X_5) \subset (X_1 X_2) = X_1 X_2$;
- ♦ ортогональность: $A \cap B = 0$, например,
 $A = X_1 X_2 X_5$, $B = \bar{X}_1 X_5$, $(X_1 X_2 X_5) \cap (\bar{X}_1 X_5) = 0$.

Алгоритм преобразования представлен на рис. 2.

Пояснения к алгоритму:

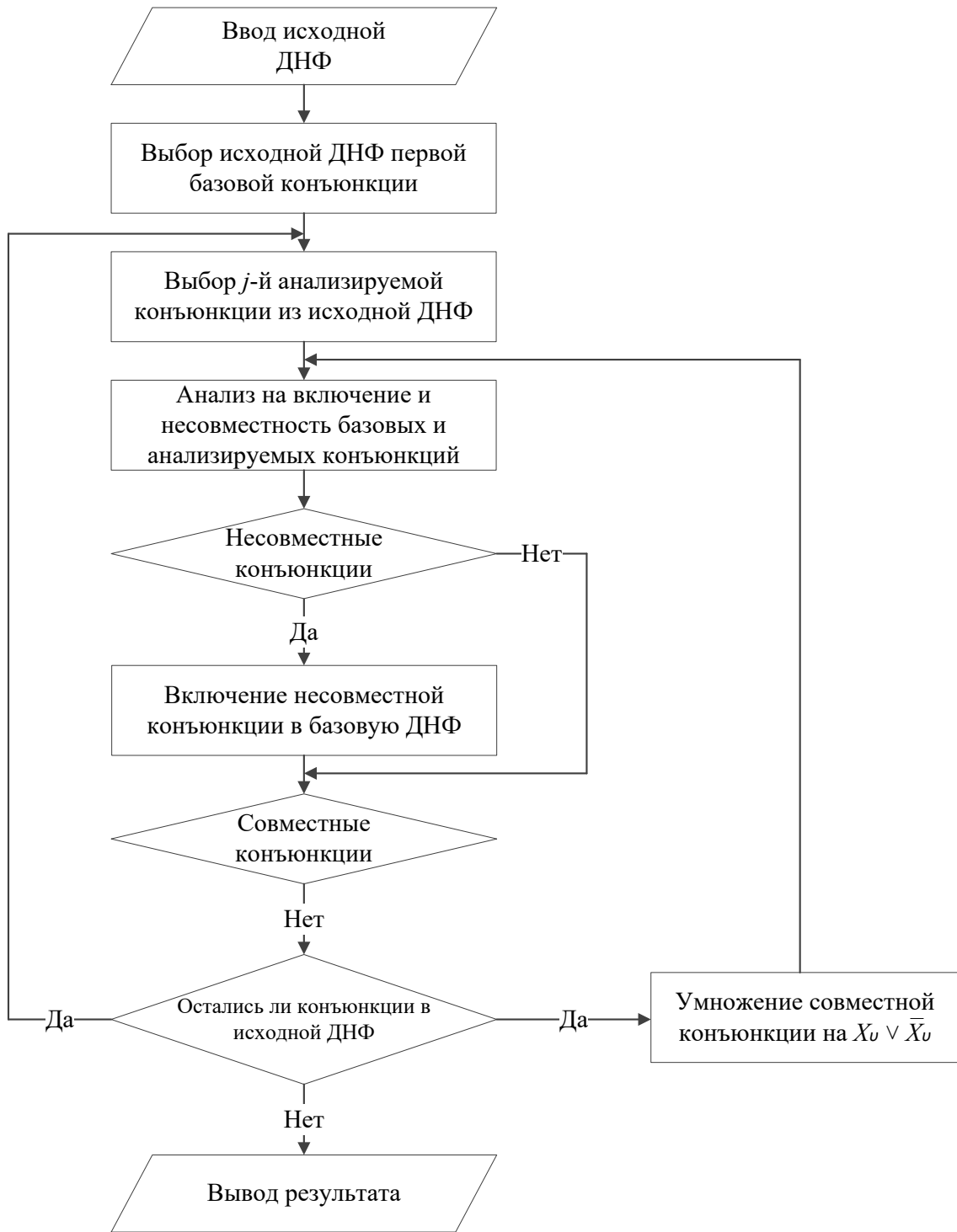


Рис. 2. Алгоритм преобразования, основанный на попарном сравнении элементарных конъюнкций

- ◆ первая базовая конъюнкция — это конъюнкция минимального ранга, входящая в исходную ДНФ;
- ◆ u — номер элемента, отсутствующего в анализируемой конъюнкции, но имеющегося в базовой конъюнкции, с которой эта конъюнкция совместна.

При проведении анализа конъюнкции из исходной ДНФ переводятся в базовую ДНФ (с соответствующими преобразованиями), поэтому условие «остались ли конъюнкции в исходной ДНФ?» означает: «все ли конъюнкции, входящие в исходную ДНФ, проанализированы?».

Таблица 1. Ортогональная форма представления исходной ДНФ

Базовая (ортогональная) ДНФ	Проверяемые конъюнкции	Результат анализа	Недостающие элементы и действия
X_1X_4	X_2X_5 $X_1X_2X_5$ $\bar{X}_1X_2X_5$ $X_1X_2X_4X_5$ $X_1X_2\bar{X}_4X_5$	Совместность Совместность Несовместность Включение Несовместность	$X_1\vee\bar{X}_1$ $X_4\vee\bar{X}_4$ * ** *
X_1X_4 $\bar{X}_1X_2X_5$ $X_1X_2\bar{X}_4X_5$	$X_1X_3X_5$ $X_1X_3X_4X_5$ $X_1X_3\bar{X}_4X_5$ $X_1X_2X_3\bar{X}_4X_5$ $X_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4X_5$	Совместность Включение Совместность Включение Несовместность	$X_4\vee\bar{X}_4$ ** $X_2\vee\bar{X}_2$ ** *
X_1X_4 $\bar{X}_1X_2X_5$ $X_1X_2\bar{X}_4X_5$ $X_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4X_5$	$X_2X_3X_4$ $X_1X_2X_3X_4$ $\bar{X}_1X_2X_3X_4$ $\bar{X}_1X_2X_3X_4X_5$ $\bar{X}_1X_2X_3X_4\bar{X}_5$	Совместность Включение Совместность Включение Несовместность	$X_1\vee\bar{X}_1$ ** $X_5\vee\bar{X}_5$ ** *

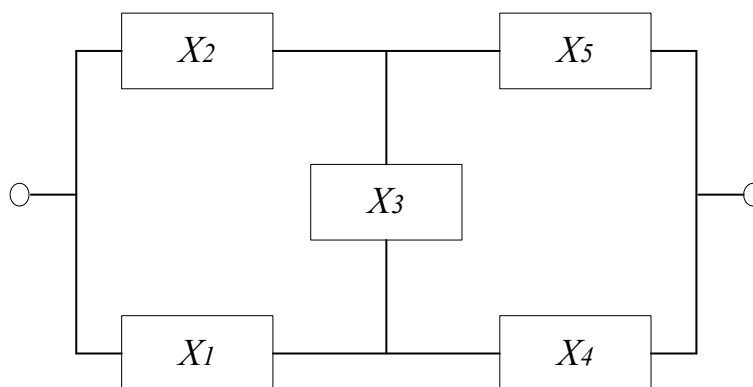


Рис. 3. Функция работоспособности мостиковой структуры

Рассмотрим пример.

Функция работоспособности мостиковой структуры (рис. 3) имеет вид:

$$y = X_1X_4\vee X_2X_5\vee X_1X_3X_5\vee X_2X_3X_4 \quad (6)$$

Преобразования исходной ДНФ в ортогональную форму представлены в виде табл. 1.

Таким образом соответствующая ортогональная ДРФ имеет вид:

$$y = X_1X_4\vee\bar{X}_1X_2X_5\vee X_1X_2\bar{X}_4X_5\vee X_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4X_5\vee\bar{X}_1X_2X_3X_4X_5$$

В качестве другого примера рассмотрим преобразование функции (5), приведенное в табл. 2.

В табл. 1 и 2 введены обозначения:

- ◆ * – запись функционирования сложной системы в виде функции работоспособности (отказа) в виде дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ);
- ◆ описание зависимости элементов;
- ◆ преобразование исходной ДНФ в ортогональную ДНФ (ОДНФ);
- ◆ разложение конъюнкций ОДНФ по недостающим элементам;
- ◆ вычисление вероятности работоспособности (отказа).

Таблица 2. Преобразование функции отказа первого направления связи

Базовая (ортогональная) ДНФ	Анализируемые элементарные конъюнкции	Результат анализа	Действия
\bar{X}_6 $\bar{X}_4\bar{X}_5X_6$	$\bar{X}_4\bar{X}_5$ $\bar{X}_4\bar{X}_5X_6$ $\bar{X}_4\bar{X}_5\bar{X}_6$	Совместность Несовместность Включение	$X_6 \vee \bar{X}_6$ * **
$\bar{X}_1\bar{X}_3X_4X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_3\bar{X}_4X_5X_6$	$\bar{X}_1\bar{X}_3$ $\bar{X}_1\bar{X}_3X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_3\bar{X}_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_3X_4X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_3\bar{X}_4X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_3\bar{X}_4X_5X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_3\bar{X}_4\bar{X}_5X_6$	Совместность Совместность Включение Несовместность Совместность Несовместность Включение	$X_6 \vee \bar{X}_6$ $X_4 \vee \bar{X}_4$ ** * $X_5 \vee \bar{X}_5$ * **
$\bar{X}_1\bar{X}_2X_3X_4X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4X_5X_6$	$\bar{X}_1\bar{X}_2X_3$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3X_4X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4X_5X_6$ $\bar{X}_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4\bar{X}_5X_6$	Совместность Совместность Включение Несовместность Совместность Несовместность Включение	$X_6 \vee \bar{X}_6$ $X_4 \vee \bar{X}_4$ ** * $X_5 \vee \bar{X}_5$ * **

Элементом новизны предлагаемого решения является высокопроизводительный алгоритм расчета показателей надежности сложных систем с зависимыми отказами, основанный на попарном сравнении элементарных конъюнкций в исходной дизъюнктивной нормальной форме и их анализе на совместимость и выделении несовместных конъюнкций путем последовательного применения теоремы разложения. Отличием от традиционного алгоритма является его относительная простота, позволяющая оптимизировать трудозатраты при программировании и доступность

при практическом использовании специалистами, имеющими минимальный уровень подготовки.

Для автоматизации предложенного алгоритма автором разработано прикладное программное обеспечение, работающее в соответствии с разработанной методикой, являющееся частью промышленного программного комплекса, позволяющего осуществлять разработку цифрового двойника и проводить имитационное моделирование практически любой сложной технической системы с зависимыми отказами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев Д.М., Пинчук В.Н. Предприятие. Технологии и экономика цифровой трансформации. — Новосибирск: Академиздат, 2020. — 216 с.
2. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. — М.: Изд-во МГУТ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 436 с.
3. Конесев С.Г., Хазиева Р.Т. Методы оценки показателей надежности сложных компонентов и систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 57.
4. Левин В.И. Логические методы теории надежности сложных систем. — Пенза: ПГТА, 2010. — 139 с.
5. Левин В.И. Непрерывная логика и анализ надежности сложных систем. Математический аппарат // Информационные технологии. 2019. Т. 25. № 4. С. 195–204. DOI: 10.17587/it.25.195–204.
6. Калмыков Е.В., Аитов Р.Н., Нестеров О.С. Повышение надежности эксплуатации инженерно-технических систем путем совершенствования системы поддержания в готовности // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. № S2 (3). С. 204–214.
7. Лепихин А.М., Москвичев В.В., Доронин С.В. Надежность, живучесть и безопасность сложных технических систем // Вычислительные технологии. 2009. Т. 14. № 6. С. 58–70.
8. Гуров С.В. Методы и модели анализа надежности сложных технических систем с переменной структурой и произвольными законами распределений случайных параметров, отказов и восстановлений: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01. — СПб., — 1997. — 325 с.

9. Дубенко Ю.В., Дышкант Е.Е., Вандина А.И. Разработка блока прогнозирования показателей сложной технической системы // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2018. № 3. С. 555–568.
10. Петухов И.С., Смирнова Н.Н. Моделирование структурно-сложных технических систем для решения задач оценки надежности, безопасности и переключения технических средств // Информационно-управляющие системы. 2007. № 6 (31). С. 11–19.
11. Шнепс-Шнеппе М.А. Исследование операций. — Рига: ЛГУ, 1990. — 171 с.
12. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Корректность марковских моделей с дискретными состояниями и непрерывным временем // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2019. Т. 62. № 1. С. 40–49. DOI: 10.17586/0021–3454–2019–62–1–40–49.
13. Алиев Т.И. Распределение приоритетов в системах с вероятностными ограничениями // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 6. С. 415–420. DOI: 10.17586/0021–3454–2015–58–6–415–420.
14. Юрков Н.К., Алмаметов В.Б., Држевецкий Ю.А. Методология экспертных систем в анализе надежности сложных технических систем // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2010. Т. 2. С. 439–440.
15. Рябинин И.А. Логико-вероятностный анализ и его современные возможности // Биосфера. 2010. Т. 2. № 1. С. 23–28.
16. Трегубов Р.Б., Сайтов И.А. Применение алгебры логики для формализации и решения задач анализа надежности структурно-сложных распределенных систем // Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 3 (34). С. 141.
17. Рябинин И.А., Черкасов Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. — М.: Радио и связь, 1981. — 264 с.
18. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. — М.: КноРус, 2018. — 192 с.

© Чаадаев Кирилл Витальевич (vkchaadaev@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

10.37882/2223–2966.2021.04–2.19

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ ПАРАШЮТИСТА В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ОСВОЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКОМ ТРЕНАЖЕРЕ

**AN ALGORITHM FOR EVALUATING
THE ACTIONS OF A SKYDIVER
IN AN AUTOMATED MODE TO CONTROL
THE LEVEL OF DEVELOPMENT
ON A DYNAMIC SIMULATOR**

**Yu. Shlikov
V. Abanin
S. Kutovoy
A. Pershin**

Summary. The article describes the automated process of setting evaluation indicators for a skydiver of the “novice” level. Nine evaluation positions were introduced during the controlled descent, for which the calculation was made, based on the student’s location in the cone of the dome’s capabilities (the area of space in which the parachutist has the opportunity to fly to the target). The proposed algorithm for automated evaluation of the student’s actions when piloting a parachute allows minimizing the influence of the human factor in determining the level of training and, as a result, will increase the efficiency of managing the level of development of the parachute system.

Keywords: automated assessment, dynamic simulator, simulation program, the cone of possibility.

Шлыков Юрий Николаевич

Адъюнкт, Рязанское гвардейское высшее
воздушно-десантное командное училище
shlykov76@mail.ru

Абанин Владислав Сергеевич

К.т.н., профессор, Рязанское гвардейское высшее
воздушно-десантное командное училище
vlad-ac@mail.ru

Кutowой Сергей Степанович

Д.т.н., профессор, Рязанское гвардейское высшее
воздушно-десантное командное училище
kutovoyss@mail.ru

Першин Андрей Сергеевич

Старший преподаватель, Рязанское гвардейское
высшее воздушно-десантное командное училище
Sima-per@rambler.ru

Аннотация. В статье описан автоматизированный процесс выставления оценочных показателей для парашютиста уровня «новичок». Введены девять позиций оценивания в ходе управляемого снижения для которых произведен расчет, по нахождению обучающегося в конусе возможностей купола (область пространства, находясь в которой парашютист имеет возможность долететь до цели). Предложенный алгоритм автоматизированной оценки действий обучающегося при пилотировании парашюта позволяет минимизировать влияние человеческого фактора при определении уровня подготовки и, как следствие, повысит эффективность управления уровнем освоения парашютной системой (ПС).

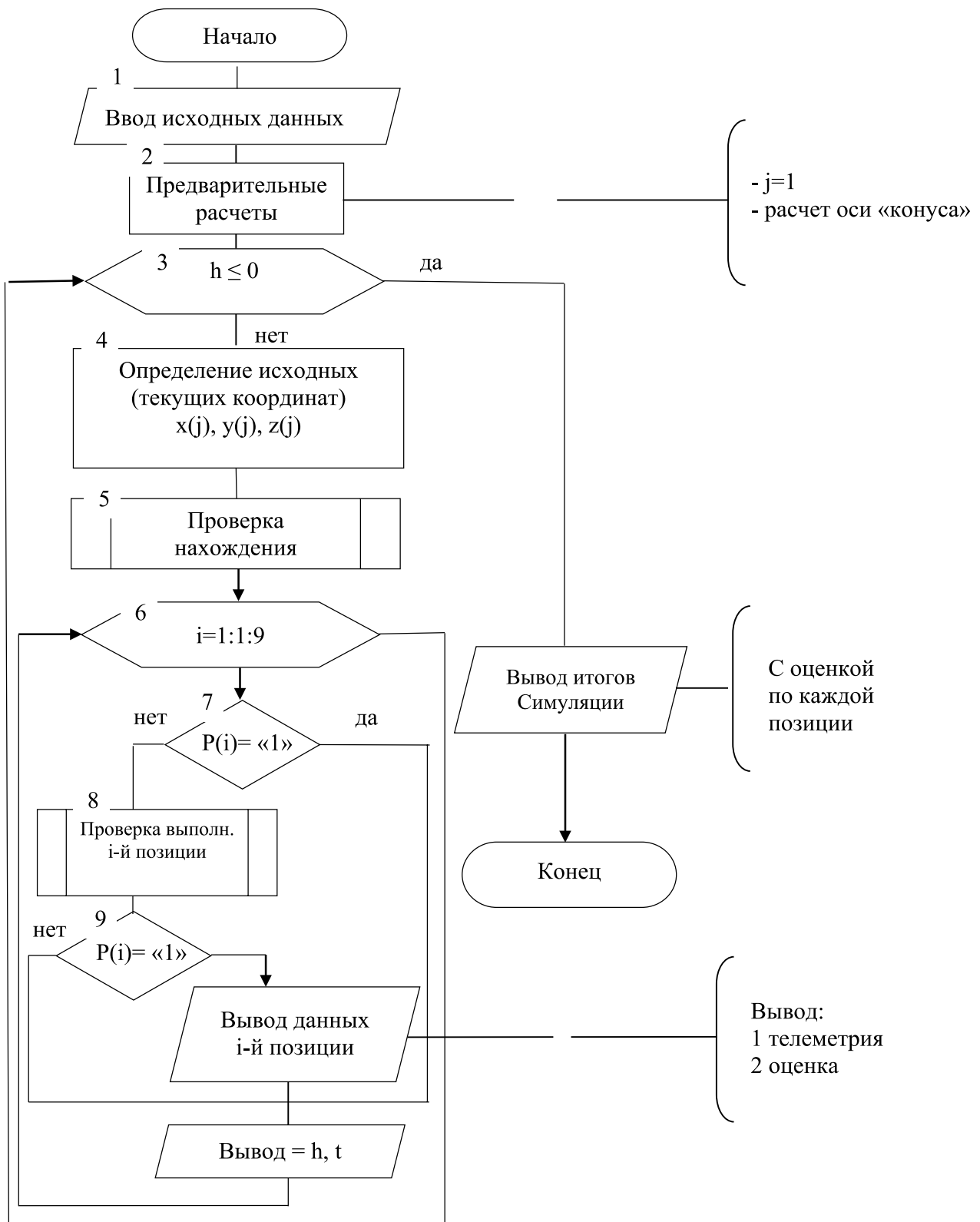
Ключевые слова: автоматизированная оценка, динамический тренажер, программа имитационного моделирования, конус возможностей.

Введение

Одной из важнейших задач в процессе подготовки специалиста к пилотированию парашюта типа «крыло» является его обучение правильным действиям в момент захода в район, с которого начинается построение захода на цель (исходный район), и отработки действий при приземлении [1, 2]. Рассматриваемый участок траектории полёта является наиболее опасным, с точки зрения травматизма, так как данный тип парашютов обладает высокой горизонтальной скоростью, а неправильные действия парашютиста, могут привести к нарушению требований безопасности, или вообще к летальному исходу прыжка.

Сделать процесс обучения более безопасным возможно с использованием учебных средств (тренажеров), позволяющих получить базовые навыки пилотирования парашютов типа «крыло» на земле, а за счет внедрения автоматизации системы повысить эффективность обучения.

При отработке действий парашютиста должны учитываться их правильность, полнота и своевременность, а по итогам выполненного упражнения производится оценивание [3]. Недостатком оценки, производимой инструктором, является присутствие человеческого фактора, в результате чего возрастает вероятность ошибки инструктора при оценке обучающегося, и как



h — текущая высота; $P(i)$ — маркер выполненные; i -й позиции; 1 — позиция выполнена
 0 — позиция не выполнена, $x(j), y(j), z(j)$ — текущие координаты, t — время.

Рис. 1. Алгоритмы действий парашютиста при пилотировании на парашютной системе специального назначения с высоты 400 м

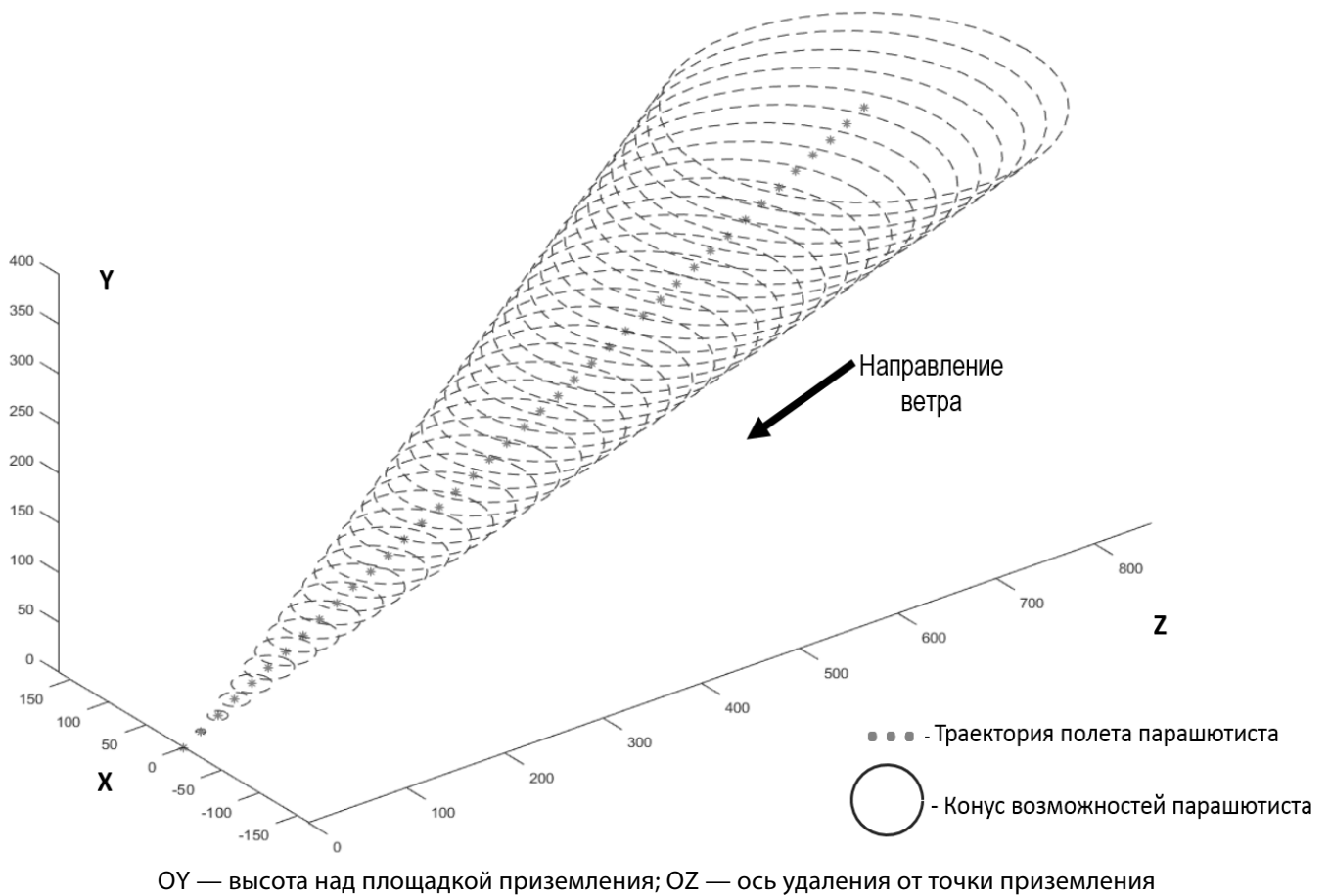


Рис. 2. Графическое представление конуса возможностей оси X, Y, Z

следствие, не эффективное использование времени тренировки.

Алгоритм оценки действий парашютиста в автоматизированном режиме для управления уровнем освоения на динамическом тренажере

Одна из целей алгоритмизации оценки действий парашютиста при пилотировании на парашюте типа «крыло» заключается в снижении загруженности инструктора как контролирующего процесс обучения специалиста. Принимая во внимание аэродинамику планирующего парашюта, несущие способности купола, загруженность купола, следует учитывать диапазоны основных показателей при описании алгоритма оценки. На этапе любого синтеза сложной системы обычно вводятся определенные ограничения. Принимаются следующие допущения:

- ◆ полётная масса планирующей парашютной системы (ППС) равна 90 кг;
- ◆ вертикальная скорость снижения на ППС постоянна и равна 5 м/с;

- ◆ горизонтальная скорость ППС не превышает 10,5 м/с.

Разрабатываемый алгоритм описывает порядок оценки действия парашютиста на участке траектории с высотами от 400 метров до момента приземления. При этом предлагается проводить контроль выполнения девяти позиций в критически важных точках траектории полёта. Алгоритм автоматизированной оценки действий парашютиста является открытым, то есть при необходимости возможно изменение интервала высот и добавление новых позиций для контроля без существенной его доработки.

Основной цикл алгоритма оценки, включающий в себя переменные, является высота $h(j)$ и рассчитывается за каждый проход, где j — номер прохода цикла. В процессе каждого прохода происходит измерение и коррекция телеметрических данных парашютиста, в интересах точной оценки его действий (рисунок 1).

Программная реализация алгоритма автоматизированной оценки должна включать ведение лога для дан-

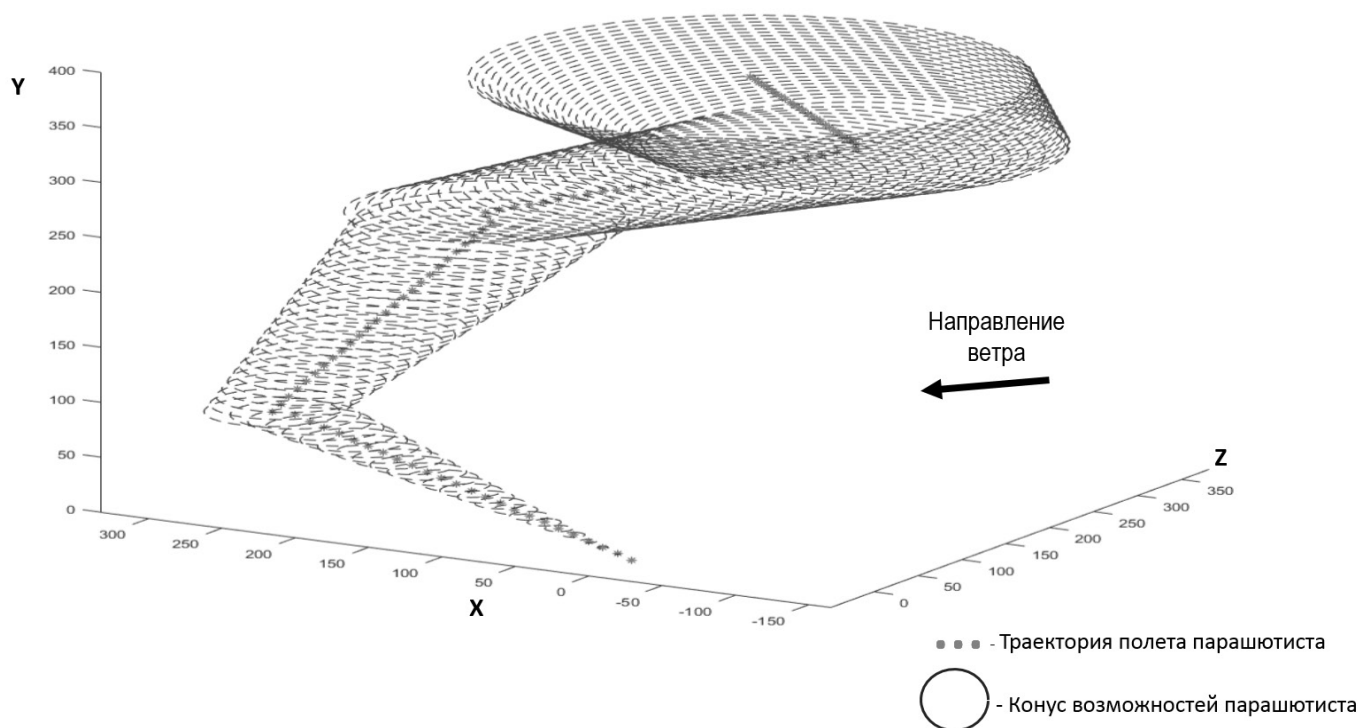


Рис. 3. Графическое представление конуса возможностей сложной формы

ного прыжка, для того, чтобы иметь возможность разбора ошибок по окончании упражнения на тренажёре.

Основной цикл завершается, когда высота равняется нулю. Перед началом основного цикла вводятся исходные данные (рисунок 1 блок 1), необходимые для расчета правильной траектории прыжка (конуса возможностей).

Параметры конуса возможностей зависят от направления и силы ветра, качества парашюта рисунок 2.

В интересах расчета конуса возможностей проводится моделирование идеальной траектории парашютиста (рисунок 1 блок 2), которая является осью конуса, причем каждый срез конуса проецируется на ось отдельно. Таким образом, результирующий конус возможностей пространственно разнесен по осям (идеальной траектории) рисунок 2, и может представлять собой геометрическую область достаточно сложной формы рисунок 3, в зависимости от моделируемой траектории.

Красным пунктиром на рисунке 2 обозначена ось конуса возможностей — идеальная траектория движения парашютиста, синим — его граница в каждом срезе высоты. В зависимости от проекции оси конуса возможностей на горизонтальную плоскость он может прини-

мать более сложные формы, как например на рисунке 3.

Расчет конуса возможностей происходит на основании математической модели, учитывающей горизонтальную и вертикальную скорость, с учётом полётной массы и технических параметров ППС.

Реализованный алгоритм в программе для ПЭВМ на языке MATLAB предполагает построение трёхмерной траектории (в упрощенном варианте — траектория двумерная при этом значение оси Y фиксировано).

Первым шагом выполнения основного цикла алгоритма автоматизированной оценки действий парашютиста (рисунок — 1 блок 3), является определение текущих координат ПС $x(j)$, $y(j)$, $z(j)$ в декартовой системе координат с началом отсчёта в точке входа в исходный район на высоте 400 метров (рисунок — 1 блок 4). Программно-аппаратный комплекс тренажера определяет текущие координаты движения парашюта с учётом воздействия парашютиста на органы управления [4]. При этом происходит документирование траектории и запись данных в файл, чтобы впоследствии, по окончании упражнения возможно было произвести анализ и разбор ошибок [5].

В программе имитационного моделирования выполнению алгоритма предшествует расчет траектории

парашютиста на высотах от 400 метров до точки приземления ($h(j) = z(j) = 0$ метров). При работе алгоритма данные считываются из заранее рассчитанного массива координат текущего положения.

Вторым важным этапом оценивания, является определение нахождения обучаемого в конусе возможностей (рисунок — 1 блок 5):

$$\sqrt{(x(j) - x_K(j))^2 + (y(j) - y_K(j))^2} \leq R_K(j); \quad (1)$$

где $x_K(j)$ и $y_K(j)$ координаты «конуса возможностей» для высоты $h(j)$;

$R_K(j)$ — допустимый радиус конуса возможностей для высоты $h(j)$.

Расчёт радиуса конуса возможностей, как функции высоты

$R_K(j) = f(h(j))$ осуществляется с учётом дополнительных параметров, в частности скорости ветра. В программе имитационного моделирования радиус конуса возможностей выбран постоянным, однако существует возможность провести его расчёт на основе любой функциональной зависимости. Для этого необходимо в соответствующей строке программы, написанной на языке MATLAB, задать функцию. В этом случае мы получим линейно убывающий радиус $R_K(j)$ конуса возможностей, изменяющийся от 100 метров на высоте 400 метров, до 1 метра на высоте 0 метров, похожий вариант был рассмотрен в работе [6].

Результатом проверки выхода из конуса возможностей является получения j -го значения маркера выхода $R_{KM}(j)$. Переменные данного массива данных имеют логический тип, то есть если выход произошёл, то $R_{KM}(j) = 1$, в противном случае $R_{KM}(j) = 0$. Данный массив учитывается при определении итоговой оценки за прыжок. В принятой методике оценки считается, что выход за пределы конуса возможностей абсолютно недопустим, так как в этом случае исключается возможность попадания в целевую область приземления. Следующим шагом основного цикла алгоритма оценки действий парашютиста является оценка правильности и своевременности выполнения контрольных позиций (рисунок — 1 блок 6).

Это реализовано путём введения подцикла проверки выполнения позиций, в котором осуществляется запуск подпрограмм проверки позиций и ведётся журнал, где записываются точки начал и окончания выполнения контрольных позиций, при этом переменной, по которой осуществляется отсчёт выполнения прыжка является высота $h(j)$. Работа подцикла проверки вы-

полнения контрольных позиций организована следующим образом:

1. Проверяется маркер выполнения i -й позиции $P(i)$. Данный маркер является массивом логических переменных. Если значение маркера $P(i) = 1$, (рисунок — 1 блок 7) это означает, что позиция уже выполнена и цикл переходит к проверке маркера $(i+1)$ -й позиции. В случае если значение данного маркера равно «0» происходит запуск подпрограммы проверки выполнения i -й позиции (рисунок — 1 блок 8). При этом в результате работы подпрограммы вносятся изменения в массив данных, соответствующий оценке i -й позиции
2. По окончании выполнения подпрограммы проверки выполнения i -й позиции снова производится проверка маркера $P(i)$. Если его значение изменилось с «0» на «1» (рисунок 1 блок 9) это означает, что выполнение позиции было завершено в j -м проходе основного цикла, соответствующем высоте $h(j)$. В этом случае осуществляется вывод информации о выполненной позиции на рабочее место оператора (в случае работы алгоритма на тренажёре [7]) или в командную консоль (в случае выполнения алгоритма в рамках программы имитационного моделирования).

По завершению выполнения подцикла проверки выполнения позиций, при необходимости, производится вывод информации (в том числе запись в файл) о j -м проходе основного цикла, затем алгоритм переходит к обработке следующего, $(j+1)$ -го прохода основного цикла.

В интересах проверки навыков обучаемого на завершающем этапе пилотирования, от момента захода в исходный район, до момента приземления, в предложенном алгоритме автоматизированной оценки, производится проверка 9-ти контрольных позиций. К этим позициям относятся:

1. Пилотирование к исходному району;
2. Уход на траверз — (плоскость в пространстве, проходящая через цель и перпендикулярная створу ветра);
3. Пилотирование к точке траверза;
4. Уход на базовую точку — (расчётная точка в пространстве, находясь в которой лицом против ветра парашютист, не совершая манёвров по направлению (кроме корректирующих), управляя парашютом только по скорости, попадает в цель);
5. Пилотирование к базовому району — (район вокруг цели, в котором находится базовая точка);
6. Кратковременно ожидание после 5-й контрольной позиции;

Таблица 1. Список числовых параметров подлежащих оцениванию

Параметр	Обозначение	Позиции								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высота максимальная	$H_{нач}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Высота минимальная	$H_{конеч}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Минимальное удаление от точки приземления	$d_{тпнач}$	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Максимальное удаление от точки приземления	$d_{тпконеч}$	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Минимальное удаление от параллельной линии приземления	$d_{плнач}$	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Максимальное удаление от параллельной линии приземления	$d_{плконеч}$	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Угол от оси ветра	$\angle A_{в}$	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Минимальное удаление от линии приземления	$d_{лнач}$	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Максимальное удаление от линии приземления	$d_{лконеч}$	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Максимальная горизонтальная скорость	$U_{гормакс}$	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Минимальная горизонтальная скорость	$U_{гормин}$	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Разность горизонтальной скорости и скорости ветра	$U_{гор} - U_{в}$	-	-	-	-	-	-	-	-	+

7. Своевременный перевод звеньев управления в верхний режим;
8. Своевременный и технически правильный перевод звеньев управления в нижний режим;
9. Остановка горизонтальной скорости парашютиста.

При этом каждой контрольной позиции соответствует два массива оценочных данных:

- ◆ числовой, содержащий численные значения параметров подлежащих оценке (высота начала и окончания выполнения позиции, угол к скорости ветра, удаление от точки приземления, траверза, района приземления и т.д.);
- ◆ логический, содержащий логические значения, показывающие выполнение тех или иных действий (оценка взгляда на высотомер, правильность втягивания стропы, оценка угла отклонения, определение точки сноса и т.д.).

Списки параметров и действий формируется исходя из методики пилотирования парашюта типа «крыло». По возможности, эти списки должны быть максимально краткими и содержать критически важные параметры, невыполнение которых является грубым нарушением

требований безопасности, либо способно повлечь тяжкие последствия для парашютиста при осуществлении реального прыжка.

Список числовых параметров, подлежащих оцениванию и их соответствие номерам контрольных позиций сведены в таблицу 1.

Перечисленные параметры оценивания выводятся в командную консоль или на рабочее место инструктора после завершения выполнения каждой контрольной позиции [8]. Оценка производится исходя из специальной таблицы оценок, содержащей минимальные и максимальные допустимые значения параметров, для оценивания, по 4-х бальной системе: «2-неудовлетворительно»,

«3-удовлетворительно», «4-хорошо», «5-отлично». Таблица оценок может быть статической или формироваться динамически, на основе априорной информации о скорости ветра, полётной массе, уровне подготовленности парашютиста и иных данных.

Выполнение действий характеризуют логические переменные, список которых, представлен в таблице 2.

Таблица 2. Список логических параметров, подлежащих оцениванию

Позиция	Действия
1	Оценка правильности втягивания стропы и поворота головы
	Оценка отклонения угла
	Оценка взгляда на высотомер
	Определение точки сноса
2	Оценка правильности втягивания стропы и поворота головы
	Перемещение звеньев управления
3	Оценка правильности втягивания стропы и поворота головы
	Оценка отклонения угла
	Оценка взгляда на высотомер
	Определение точки сноса
4	Оценка правильности втягивания стропы и поворота головы
	Перемещение звеньев управления в среднее положение
5	Оценка правильности втягивания стропы и поворота головы
	Оценка отклонения угла
	Оценка взгляда на высотомер
6	Оценка ожидания времени пред переводом звеньев управления
7	Перевод звеньев управления в верхний режим
8	Перевод звеньев управления в нижний режим
9	Остановка горизонтальной скорости ветра и парашюта

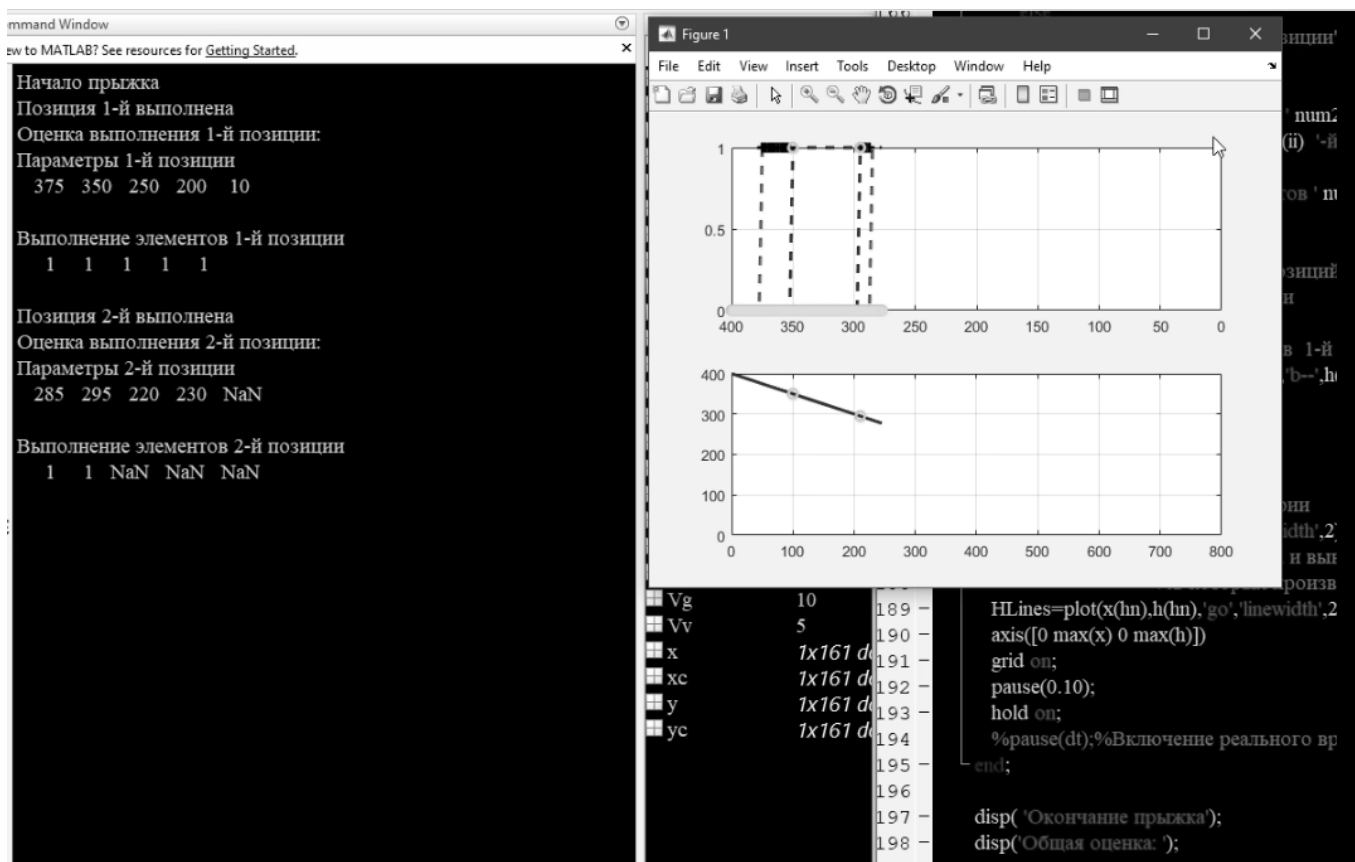


Рис. 4. Начало поэтапного контроля выполнения действий при прохождении парашютистом условно девяти контрольных позиций, в поле моделируемой траектории управляемого снижения парашютиста

```

NaN

Окончание прыжка|
Оценки по позициям:
Позиция 1: ОТЛИЧНО
Позиция 2: ОТЛИЧНО
Позиция 3: ОТЛИЧНО
Позиция 4: ОТЛИЧНО
Позиция 5: ХОРОШО
Позиция 6: ХОРОШО
Позиция 7: ОТЛИЧНО
Позиция 8: ОТЛИЧНО
Позиция 9: ОТЛИЧНО
Удержание в конусе: ЗАЧТЕНО
Общая оценка за прыжок: ОТЛИЧНО
fx >>

```

Рис. 5. Вывод результатов оценки в командную консоль

Информация о выполнении действий поступает с датчиков тренажёра. Для оценки данного типа параметров могут использоваться сложные комбинации датчиков (например, акселерометров) и (или) система машинного зрения.

С технической точки зрения автоматизированная оценка действий является более сложно реализуемым процессом, по сравнению с оценкой числовых параметров. Оценка действий в процессе выполнения контрольных позиций происходит по двухбалльной шкале: «0-не выполнено» или «1-выполнено», на рисунке 4 красной пунктирной линией показаны параметры выполненные парашютистом по первой позиции, синей пунктирной линией показано выставление оценки за позицию [9].

Это связано с тем, что с одной стороны алгоритмизировать оценку выполнения действий по шкале с большим числом баллов затруднительно. С другой — правильность действий в процессе выполнения позиции является критической с точки зрения выработки навыков пилотирования парашюта. Дифференциация оценки может способствовать закреплению неправильных навыков при работе на тренажёре, что недопустимо с точки зрения техники безопасности. При дальнейшей доработке алгоритма дифференциация возможна, но это потребует обоснования весовых коэффициентов, учитывающих важность или критичность выполнений того или иного действия в процессе выполнения контрольной позиции.

В разработанном алгоритме автоматизированной оценки действий парашютиста структура всех под-

программ схожа. Они работают по сходному алгоритму, отличающемуся лишь в деталях. Такая унификация позволяет легко дорабатывать существующие подпрограммы и добавлять новые, делая алгоритм универсальным для проведения автоматического оценивания прыжков с парашютом на тренажёре, с учётом особенностей конкретных парашютных систем.

Подпрограммы построены следующим образом, на первом этапе выполнения подпрограммы фиксируется маркер начала выполнения позиции $A(j)$. Если этот маркер имеет логическое значение «0», то выполнение позиции еще не начиналось. В момент фиксации начала выполнения позиции на высоте $h(j)$ и ниже маркер $A(j)$ имеет логическое значение «1». Если выполнение позиции начато, то вначале происходит измерение числовых параметров позиции, на основе данных поступающих с датчиков или из вычислительного центра тренажёра, затем определяется выполнение элементов контрольной позиции (действий) в текущем проходе основного цикла. В случае реального тренажёра эта информация поступает с датчиков и фиксируется в логическом и числовом массивах данных соответственно, а при работе программы имитационного моделирования значения параметров задаются заранее, до начала её работы, либо формируются с помощью генератора случайных чисел.

После этого происходит считывание маркера окончания позиции $C(j)$. Данный маркер имеет логическое значение «0» до тех пор, пока не закончиться выполнение позиции. После завершения действий контрольной позиции на высоте $h(j)$ маркер $C(j)$ получает логическое значение «1».

Если в процессе исполнения подпрограммы проверки выполнения i -й позиции маркер $C(j)$ становится равным «1», то производится выставление оценки за данную позицию. При этом сначала оценивается каждый числовой параметр, и выставляется низшая оценка из полученных:

$$\text{Оценка}_i = \min(Rp_1, Rp_2, \dots, Rp_n),$$

где Rp_1, Rp_2, \dots, Rp_n — оценки i -й позиции по n -му числовому параметру по четырёх бальной шкале.

Перед этим происходит оценка выполнения действий (логических параметров). Оценка в этом случае производится по формуле:

$$\text{Оценка}_{\text{действий}} = \prod_{n=1}^N Rp_n.$$

Если оценка действий равна нулю, то вычисление оценки числовых параметров не производится и за позицию выставляется оценка «2-неудовлетворительно».

Выставление итоговой оценки происходит по следующему алгоритму:

1. Если за одну из позиций $\text{Оценка}_i = 2$, то итоговая оценка «2-неудовлетворительно»;
2. Если минимальная оценка за позицию не ниже «3-удовлетворительно», то итоговая оценка находится как среднее арифметическое оценок за все контрольные позиции, с округлением в сторону ближайшего целого;
3. В случае, если имел место выход из конуса возможностей, т.е. существует $R_K(j) = 1$, то за прыжок выставляется неудовлетворительная оценка.

Пункт 3 алгоритма выставления итоговой оценки основан на том, что выход из «конуса возможностей»

делает невозможным приземление парашютиста в заданную точку.

По окончании работы автоматизированной оценки действий парашютиста производится формирование общего результата из оценок по каждой контрольной позиции, и выводится информация на рабочее место инструктора. Если алгоритм выполнялся на тренажёре то вывод результата возможен в командную консоль рисунок 5.

Обобщая представленный материал, сформированы выводы:

1. Представленный алгоритм обработки информации имеет логико-математическую структуру; разработан впервые и реализуется для автоматизации отдельных функций инструктора динамического тренажера освоения парашютных систем типа «крыло». Предложен путь реализации алгоритма в программе на языке MATLAB.
2. Обоснованы числовые и логические параметры подлежащих оцениванию с использованием средств автоматизации. Представлены особенности оценивания умений, обучающихся по показателю их нахождения в конусе возможностей в зависимости от факторов, влияющих на них. В качестве основного оценочного показателя предложено расстояние от оси «идеальной траектории полета» до условной материальной точки подвижной системы «Парашютист — ПС».
3. Из приведенного материала, очевидно, что предложенный алгоритм автоматизированной оценки действий парашютиста при пилотировании парашюта типа «крыло» позволяет минимизировать влияние человеческого фактора на определение качества подготовки и, как следствие, повысить эффективность управления уровнем освоения парашютной системой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы действий десантника при совершении прыжка с парашютной системой специального назначения «Арбалет-1» в штатной и нештатной ситуации [Текст]: Свидетельство о гос. регистрации базы данных 2020622175 Рос. Федерация // Шлыков Ю.Н. [и др.]; Правообладатель РВВДКУ (RU); заяв. 2020622074 29.10.2020; опубл. 06.11.2020, Бюл. № 11–2с.
2. Алгоритмы действий десантника при совершении прыжка с парашютной системой специального назначения «Арбалет-2» в штатной и нештатной ситуации [Текст]: Свидетельство о гос. регистрации базы данных 2020622136 Рос. Федерация // Шлыков Ю.Н. [и др.]; Правообладатель РВВДКУ (RU); заяв. 2020622070 29.10.2020; опубл. 03.11.2020, Бюл. № 11–2с.
3. Шлыков Ю.Н., Абанин В.С., Кутовой С.С. Подготовка парашютистов к освоению планирующих парашютных систем // Армейский сборник. 2019. № 8 (8). С. 51–57.
4. Просвирин В.Г., Абанин В.С., Кутовой С.С., Кругликов В.Я. Теоритическое обоснование алгоритмов управления подвижностью для динамического тренажера «Кудесник» // Научный резерв. 2019. № 2 (6). С. 38–43.
5. Абанин В.С. Оценка уровня адекватности учебных средств, применяемых при освоении планирующих парашютов, на основе анализа систем управления воздействиями на обучаемого // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2020. -№ 03. -С. 70–76.

6. Абанин В.С. Система автоматизированной оценки деятельности парашютиста для управления содержанием учебных сценариев в перспективном облике тренажера // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. —2019. -№ 12. -С. 35–40
7. Абанин В.С., Кутовой С.С., Шлыков Ю.Н. Моделирование процесса наземной подготовки парашютистов для автоматизации управления учебными сценариями и реализации в перспективном облике тренажера // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. —2019. -№ 11. -С. 32–38.
8. Бюшгенс А.Г., Кутовой С.С., Шлыков Ю.Н. Использование промышленного робота в качестве системы подвижности авиационного тренажера // Научный резерв. 2019. № 3 (7). С. 30–35.
9. Программа автоматизированной оценки действий парашютиста при освоении парашютной системой специального назначения на динамическом тренажере [Текст]: Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2020666973 Рос. Федерация // Шлыков Ю.Н. [и др.]; Правообладатель РВВД-КУ (RU); заяв. 2020666527 04.12.2020; опубл. 18.12.2020, Бюл. № 12–1с.

© Шлыков Юрий Николаевич (shlykov76@mail.ru), Абанин Владислав Сергеевич (vlad-ac@mail.ru),
Кутовой Сергей Степанович (kutovoys@mail.ru), Першин Андрей Сергеевич (Sima-per@rambler.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Рязань

К ВОПРОСУ ОБ ЭПИДЕМИОЛОГИИ И ЛЕЧЕНИИ ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ РАН

EPIDEMIOLOGY AND TREATMENT OF ACUTE AND CHRONIC WOUNDS

V. Vasin
V. Stupin
K. Koreyba
V. Yagzhina
E. Senina
V. Seluto
E. Silina

Summary. The review of the world literature discusses the frequency of occurrence of acute and chronic wounds of various origins in different countries, as well as the financial costs of their treatment. The results of meta-analyses and systematic reviews on the effectiveness of various agents and methods used to treat wounds are presented. The authors come to the conclusion that the problem is of great urgency, but there are no uniform and effective approaches and medicines for the treatment of wounds. In this regard, an extremely urgent and promising is the development of improved means for the treatment of wounds based on the pathogenetic mechanisms of regeneration.

Keywords: wound, skin wounds, acute wound, chronic wound, wound prevalence, epidemiology, wound treatment, review, meta-analysis.

Васин Виталий Иванович

Ассистент, соискатель, ФГБАУ ВО РНИМУ
им. Н.И. Пирогова Минздрава России (г. Москва)

Ступин Виктор Александрович

Д.м.н., профессор, ФГБАУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова
Минздрава России (г. Москва)

Корейба Константин Александрович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО Казанский
государственный медицинский университет
Минздрава России (г. Казань)

Ягжина Вероника Евгеньевна

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский университет)
(г. Москва)

Сенина Елена Руслановна

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский университет)
(г. Москва)

Селюто Вероника Васильевна

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский университет)
(г. Москва)

Силина Екатерина Владимировна

Д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО Первый МГМУ
им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский
университет) (г. Москва)
silinaekaterina@mail.ru

Аннотация. В представленном обзоре мировой литературы обсуждается частота встречаемости острых и хронических ран различного генеза в разных странах, а также финансовые расходы на их лечение. Представлены результаты метаанализов и систематических обзоров по эффективности разных средств и методов, используемых для лечения ран. На основании выполненного обзора авторы приходят к выводу о том, что, несмотря на высокую актуальность проблемы, до настоящего момента нет единых и эффективных подходов и лекарственных средств для лечения ран. В данной связи чрезвычайно актуальным и перспективным является разработка совершенных средств для лечения ран, основанных на патогенетически обоснованных механизмах регенерации.

Ключевые слова: рана, кожные раны, острая рана, хроническая рана, распространенность ран, эпидемиология, лечение ран, метаанализ, обзор.

Лечение кожных ран — это комплексная междисциплинарная проблема, требующая адекватного состояния множества физиологических и иммунологических процессов, а также физических, а в случае хронизации и социальных факторов, содружественно отвечающих за успех закрытия раневого дефекта. Изучение клеточных и молекулярных механизмов, лежащих в основе заживления ран, позволяющих эффективно ускорять процесс регенерации, занимает исследователей и клиницистов много лет, и интерес этот не ослабевает, так как раны являются самым частым состоянием, с которым обращаются к специалистам хирургического профиля.

В клинической практике кожные раны принято делить на острые и хронические [1, 2]. Острая рана — это внезапное повреждение кожи, включая хирургические вмешательства. Хронические раны длительно не заживают (без признаков эпителизации более 6 недель) и могут быть опасны для жизни вследствие присоединения кровотечения, остеомиелита и сепсиса, но всегда десоциализируют пациента (пролежни, хронические венозные язвы, синдром диабетической стопы). Количество острых ран в мире непрерывно увеличивается, что связано с ростом бытовых и военных травм, когда острая рана возникает у соматически здорового человека, а также с ростом числа операций в мире [3–8]. В частности, по данным НИИ организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента Здравоохранения г. Москвы количество операций в столице увеличилось с 611940 в 2010 году до 837114 в 2018, причем операции на коже и мягких тканях выросли почти в 2 раза, с 64481 до 119380. Число людей, страдающих от хронических ран, также непрерывно увеличивается, что связано не только с ростом продолжительности жизни, а значит и увеличением коморбидных патологий [2, 9–13]. Некоторые исследователи утверждают, что в мире насчитывается около 100 млн. человек, страдающих от острых травматических ран и 300 млн. человек с хроническими ранами [14]. Однако точных эпидемиологических данных по ранам в настоящее время нет, а имеющиеся опубликованные работы по этой теме носят раздробленный характер, касаются лишь отдельной ее проблеме, но свидетельствуют о том, что общее количество ран гораздо больше. Таким образом, вопросы заживления кожных ран различной этиологии и их эффективное лечение, несмотря на богатый арсенал имеющихся и постоянно появляющиеся и внедряющиеся в практическое здравоохранение новых средств и методов, используемых для лечения ран, продолжают оставаться в числе высоко актуальных.

Хотя эпидемиологические исследования, посвященные оценке числа хронических ран их эффективности и лечения, в мире немногочисленны, а опубликован-

ные исследования показывают большие различия, попытаемся разобраться и в этом вопросе. По данным систематического обзора и метаанализа обсервационных исследований, проведенных в период 2000–2018 гг. общая распространенность среди взрослых хронических ран смешанной этиологии (всего 3 исследования) составила 2,21 на 1000 населения, а для хронических язв на нижних конечностях (9 исследований) — 1,51 на 1000 взрослого населения [15]. По данным эпидемиологического исследования пациентов с хроническими ранами, проведенного в Германии по анализу данных обязательного медицинского страхования с участием 9 миллионов застрахованных лиц в течении 3 лет (с 2010 по 2012 гг.), лечение ран было проведено у 0,43% пациентов, причем распространенность и заболеваемость хронических ран увеличились за 3 года в 1,3 раза; общая распространенность ран составила 786407 и 196602 случаев лечения хронических ран [16]. Исследование, проведенное в одном из городов Великобритании (население 751485 человек, обследовано 1103 человека) показало, что распространенность хронических ран составила 1,47 на 1000 населения, выше она была среди женщин, чем у мужчин (1,63 и 1,28 на 1000, соответственно) и существенно увеличивалась с возрастом, достигая максимума у людей в возрасте 90 лет и старше (22,88 на 1000); самыми частыми были трофические язвы на ногах и пролежни (0,44 и 0,31 на 1000 населения, соответственно) [17].

Среди хронических длительно незаживающих ран сосудистого происхождения наиболее распространёнными являются венозные трофические язвы, на их долю выпадает 50–70% [15, 18–22]. Хронические раны, развившиеся вследствие артериальной недостаточности, составляют, по данным ряда авторов, 5–25% от общего числа длительно незаживающих язв, а на долю смешанных артериально-венозных язв выпадает 10–20% [15, 19, 22–23]. Остальные трофические раны обусловлены множеством других патологий. Особую проблему составляют прогрессивно увеличивающиеся длительно незаживающие раны при сахарном диабете (синдром диабетической стопы), которые не входили в статистику вышеприведенных исследований. По данным систематического обзора глобальная мировая распространенность синдрома диабетической стопы составляет 6,3%, колеблясь по разным оценкам в пределах 4–8%, то есть СДС страдают не менее 50 млн. жителей планеты [11, 24–25].

Лечение ран у этих пациентов является мероприятием дорогостоящим. Единых точных данных о затратах в мире нет. Имеется лишь анализ по отдельным видам ран в отдельных популяциях. Так, на лечение хронических ран в США ежегодно тратятся около 20 миллиардов долларов, а в Великобритании — около 184 миллионов

фунтов стерлингов [26, 27]. Имеются и другие данные о том, что на лечение только венозных ран нижних конечностей в небольшом по населению городе Англии (г. Лидс) тратится от 300 до 600 миллионов фунтов стерлингов в год [17]. Десять лет назад американские страховщики опубликовали финансовую сторону ведения больных с синдромом диабетической стопы сообщив о том, что на уход за диабетической стопой ежегодно тратится не менее 18 млрд. долларов США, а 11,7 млрд. долларов расходуются на ампутации нижних конечностей в связи с безуспешностью лечения [28].

Таким образом, в связи с ростом проблемы кожных ран, лечение которых несет существенные экономические затраты, актуализируется необходимость в разработке доступных эффективных средств и методов лечения ран, способствующих максимально эффективно использовать биологические механизмы, заложенные в регенерации тканей кожи. Очевидно, что актуальным и перспективным является фундаментальное изучение процессов регенерации и механизмов действия стимулирующих заживление ран лекарственных средств, что совместно с развитием персонализированной медицины будет способствовать наиболее эффективному и безопасному лечению.

За последние десятилетия было создано множество продуктов для лечения ран, влияющих на различные механизмы и процессы заживления, которые могут быть нарушены вследствие разных местных и системных факторов. Поскольку пока не разработано универсального регенерирующего средства, целесообразным остается персонализированный подход к выбору средства и метода лечения ран в соответствии с факторами, препятствующими или способствующими их заживлению [29, 30].

Самым распространенным является применение перевязочного материала для лечения ран, который изготавливают в различных формах, таких как гидрогели, пленки, нановолокна, пены, составы для местного применения, пластыри, повязки. Среди них общеприняты для использования сегодня являются гидрогелевые повязки. Zhang L. et al. (2019) провели систематический обзор и метаанализ с оценкой клинической эффективности и безопасности медицинских гидрогелевых повязок, используемых при лечении кожных ран на основе данных PubMed / Medline (1980–2019), Кокрановской библиотеки (1980–2019) и других научных баз, включающих публикации по этому вопросу за последние 40 лет [31]. Авторами было найдено 43 исследования, анализ которых установил эффективность гидрогелевых повязок (по сравнению с негидрогелевыми), что выражалось в ускорении заживления ожоговых ран II степени (поверхностных и глубоких), язв диабе-

тической стопы, травматических повреждений кожи, радиоактивных повреждений кожи, укусов собак и язв на поверхности тела, а также показано положительное их влияние на купирование болевого синдрома. В то же время не было получено значительных различий между гидрогелевыми и негидрогелевыми повязками по времени и характеру заживления хирургических ран, пролежней и венозных трофических язв [31].

Успехи хирургического лечения ран ограничены, как правило, множеством соматических факторов. В систематическом обзоре и метаанализе 11 исследований хирургического лечения ран в сравнении с консервативной терапией сделан вывод о том, что хирургическое вмешательство может улучшить заживление венозных язв, однако качество имеющихся доказательств является недостаточным по причине низкого уровня выполненных исследований [32].

Кохрейновский обзор, выполненный Norman G. et al. (2016) с целью оценить эффективность системных и местных антибиотиков, а также местных антисептиков при лечении хирургических ран вторичным натяжением (включено 11 исследований, в которых приняли участие 886 человек), показал отсутствие убедительных доказательств относительной эффективности каких-либо антисептических, антибиотических и/или антибактериальных препаратов, используемых для заживления хирургических ран вторичным натяжением [33]. Доказательства возможных эффектов классифицированы как доказательства среднего или низкого качества, так как основывались они на отдельных исследованиях с небольшим числом участников, что означает необходимость проведения дальнейших исследований [33].

Эти же авторы, Norman G. et al. (2018), провели метаанализ и систематический обзор 78 рандомизированных клинических исследований (7014 участников) для оценки эффективности повязок и местных средств, применяемых для заживления венозных язв нижних конечностей на разных этапах оказания медицинской помощи. В итоге авторы пришли к заключению о необходимости дальнейших исследований в связи низкой достоверностью выполненных в работах сравнений. Ранжировать методы лечения в порядке их эффективности и качества доказательств авторам не удалось [34].

Webster J. et al. (2019) провели систематический обзор 25 исследований (2957 участников) для оценки влияния терапии ран отрицательным давлением на предотвращение инфицирования области хирургического вмешательства при заживлении ран путем первичного закрытия. Авторы тоже получили доказательства низкой достоверности и сделали вывод об отсутствии значимого влияния терапии ран отрицательным дав-

лением по сравнению со стандартным лечением ран на частоту таких важных исходов, как смертность, расхождение краев ран, серома, при этом стоимость такого лечения существенно увеличивалась [35].

Westby M.J. et al. (2017) провели метаанализ 39 исследований, оценивающих 21 тип лекарственных повязок и местные средства для лечения пролежней, и пришли к заключению о немногочисленности таких исследований, проводимых на должном уровне, а имеющиеся доказательства имеют низкую или очень низкую достоверность, что преимущественно связано с высоким риском систематической ошибки [36].

Таким образом, несмотря на широкий арсенал средств и методов, используемых для лечения ран,

проблема их заживления до сих пор не решена. Многие из используемых в настоящее время консервативных средств и перевязочных материалов имеют ряд ограничений, таких как недостаточное противомикробное действие, слабые механические характеристики, плохой газообмен между раной и окружающей средой, трудности при удалении, индукция аллергических реакций, низкая абсорбция раневого экссудата и их неспособность поддерживать влажную среду для ускоренного заживления ран и многое другое. В данной связи чрезвычайно перспективным является разработка совершенных и экономичных средств для лечения ран, основанных на патогенетически обоснованных механизмах регенерации. Этим вопросам посвящены наши последние исследования [37–40].

ЛИТЕРАТУРА

1. Sorg H, Tilkorn DJ, Hager S, Hauser J, Mirastschijski U. Skin Wound Healing: An Update on the Current Knowledge and Concepts. *Eur Surg Res.* 2017;58(1–2):81–94. <https://doi.org/10.1159/000454919>.
2. Stupin V.A, Gabitov R.B., Sinelnikova T.G, Silina E.V. Biological mechanisms of the chronic wound and diabetic foot healing. *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research.* 2018;19(4):373–382. <https://doi.org/10.2478/SJECR-2018-0077>
3. Гареев И.Ф., Бейлерли О.А.О. Сочетанная кранио-абдоминальная травма. *Клиническая эпидемиология. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова.* 2018; 10(5):25–26.
4. Пьянкова А.И., Фаттахов Т.А. Потерянные годы здоровой жизни в результате дорожно-транспортных происшествий в России. *Профилактическая медицина.* 2017;20(5):30–36. <https://doi.org/10.17116/profmed201720530-36>
5. Aghdash S, Aghaei MH, Sadeghi-Bazarghani H. Epidemiology of Road Traffic Injuries among Elderly People; A Systematic Review and Meta-Analysis. *Bull Emerg Trauma.* 2018;6(4):279–291. doi: 10.29252/beat-060403.
6. Rosberg HE, Dahlin LB. An increasing number of hand injuries in an elderly population — a retrospective study over a 30-year period. *BMC Geriatr.* 2018;18(1):68. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0758-7>
7. Cai Y-L, Ju J-T, Liu W-B, Zhang J. Military trauma and surgical procedures in conflict area: a review for the utilization of forward surgical team. *Mil Med.* 2018;183:e97–e106. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx048>
8. Wild H, Stewart BT, LeBoa C, Stave CD, Wren SM. Epidemiology of Injuries Sustained by Civilians and Local Combatants in Contemporary Armed Conflict: An Appeal for a Shared Trauma Registry Among Humanitarian Actors. *World J Surg.* 2020;44(6):1863–1873. doi: 10.1007/s00268-020-05428-y.
9. Дибиров М.Д., Магдиев А.Х. Лечение венозных трофических язв в старческом возрасте. *Флебология.* 2016;10(4):224–228. <https://doi.org/10.17116/feb2016104224-228>
10. Румянцева С.А., Ступин В.А., Оганов Р.Г., Силина Е.В. [и др.] Теория и практика лечения больных с сосудистой коморбидностью: клиническое руководство. Миттель Пресс. — Москва, 2016. — 376 с.
11. Ступин В.А., Силина Е.В., Корейба К.А., Горюнов С.В. Синдром диабетической стопы (эпидемиология, патофизиология, диагностика и лечение). М.: Лит-Терра, 2019. — 192 с.
12. Antonopoulos CN, Lazaris A, Venermo M, Geroulakos G. Predictors of Wound Healing Following Revascularization for Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Vasc Endovascular Surg.* 2019; Aug12:1538574419868863. <https://doi.org/10.1177/1538574419868863>
13. Han G, Ceilley R. Chronic Wound Healing: A Review of Current Management and Treatments. *Adv Ther.* 2017;34(3):599–610. <https://doi.org/10.1007/s12325-017-0478-y>
14. Das S, Baker AB. Biomaterials and Nanotherapeutics for Enhancing Skin Wound Healing. *Front Bioeng Biotechnol.* 2016;4:82. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2016.00082>
15. Martinengo L, Olsson M, Bajpai R, Soljak M, Upton Z, Schmidtchen A, Car J, Järbrink K. Prevalence of chronic wounds in the general population: systematic review and meta-analysis of observational studies. *Ann Epidemiol.* 2019;29:8–15. doi: 10.1016/j.annepidem.2018.10.005.
16. Heyer K, Herberger K, Protz K, Glaeske G, Augustin M. Epidemiology of chronic wounds in Germany: Analysis of statutory health insurance data. *Wound Repair Regen.* 2016;24(2):434–42. doi: 10.1111/wrr.12387.
17. Hall J, Buckley HL, Lamb KA, Stubbs N, Saramago P, Dumville JC, Cullum NA. Point prevalence of complex wounds in a defined United Kingdom population. *Wound Repair Regen.* 2014;22(6):694–700. doi: 10.1111/wrr.12230.
18. Туркин П.Ю., Родионов С.В., Сомов Н.О., Миргатия И.О. Венозные трофические язвы: современное состояние вопроса. *Лечебное дело.* 2018;1:41–45.

19. Толстых П.И., Тамразова О.Б., Гейниц А.В., Раджабов А.А., Молочков А.В. Классификация длительно не заживающих и хронических ран (язв) нижних конечностей. Лазерная медицина. 2012; 16(3):3–14.
20. Abbade LP, Lastória S. Venous ulcer: epidemiology, physiopathology, diagnosis and treatment. *Int J Dermatol.* 2005;44(6):449–56.
21. van Gent W.B., Wilschut E.D., Wittens C. Management of venous ulcer disease. *BMJ.* 2010; 341: c6045. doi: 10.1136/bmj.c6045.
22. Olsson M, Järbrink K, Divakar U, Bajpai R, Upton Z, Schmidtchen A, Car J. The humanistic and economic burden of chronic wounds: A systematic review. *Wound Repair Regen.* 2019;27(1):114–125. doi: 10.1111/wrr.12683.
23. Hafner J, Buset C, Anzengruber F, Barysch-Bonderer M et al. Leg ulcers (ulcus cruris): The frequent macrovascular causes. *Ther Umsch.* 2018;75(8):506–514.
24. Zhang P, Lu J, Jing Y, Tang S, Zhu D, Bi Y. Global epidemiology of diabetic foot ulceration: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med.* 2017;49(2):106–116.
25. Peter-Riesch B. The Diabetic Foot: The Never-Ending Challenge. *Endocr Dev.* 2016;31:108–34.
26. Frykberg RG, Banks J. Challenges in the Treatment of Chronic Wounds. *Adv Wound Care.* 2015; 4: 560–82.
27. Schmidtchen A., Pang C., Ni G., Sönnergren H., Car J., Järbrink K., Bajpai R. The humanistic and economic burden of chronic wounds: A protocol for a systematic review. *Syst. Rev.* 2017;6:7.
28. Rogers LC, Lavery LA, Armstrong DG. The right to bear legs. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008; 98: 166–168.
29. Dhivya S., Padma V.V., Santhini E. Wound dressings — A review. *BioMedicine.* 2015;5:24–28. doi: 10.7603/s40681–015–0022–9.
30. Haalboom M. Chronic wounds: innovations in diagnostics and therapeutics. *Curr Med Chem.* 2018;25(41):5772–5781. doi:10.2174/0929867324666170710120556
31. Zhang L, Yin H, Lei X, et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Effectiveness and Safety of Hydrogel Dressings in the Management of Skin Wounds. *Front Bioeng Biotechnol.* 2019;7:342. doi:10.3389/fbioe.2019.00342
32. Mauck KF, Asi N, Undavalli C, et al. Systematic review and meta-analysis of surgical interventions versus conservative therapy for venous ulcers. *J Vasc Surg.* 2014;60(2 suppl):60S-70S.
33. Norman G, Dumville JC, Mohapatra DP, Owens GL, Crosbie EJ. Antibiotics and antiseptics for surgical wounds healing by secondary intention. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;3(3): CD011712. doi: 10.1002/14651858.CD011712.pub2.
34. Norman G, Westby MJ, Rithalia AD, Stubbs N, Soares MO, Dumville JC. Dressings and topical agents for treating venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018 Jun 15;6(6): CD012583. doi: 10.1002/14651858.CD012583.pub2.
35. Webster J, Liu Z, Norman G, Dumville JC, Chiverton L, Scuffham P, Stankiewicz M, Chaboyer WP. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019 Mar 26;3(3): CD009261. doi: 10.1002/14651858.CD009261.pub4.
36. Westby MJ, Dumville JC, Soares MO, Stubbs N, Norman G. Dressings and topical agents for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017 Jun 22;6(6): CD011947. doi: 10.1002/14651858.CD011947.pub2.
37. Silina EV, Khokhlov NV, Stupin VA, Manturova NE, et al. Multicomponent polysaccharide essential formula of wound healing medicines enriched with fibroblast growth factor. *International Journal of Biomedicine.* 2019; 9(3):247–250. [https://doi.org/10.21103/Article9\(3\)_OA12](https://doi.org/10.21103/Article9(3)_OA12)
38. Silina E, Manturova N, Stupin V. Mesenchymal Stem Cells Application in Wound Tissue Healing in Old Animals. *Stem Cells and Cloning: Advances and Applications.* 2020;13:103–116. <https://doi.org/10.2147/SCCAA.S267967>
39. Stupin V, Manturova N, Silina E, Litvitskiy P, Vasin V, et al. The Effect of Inflammation on the Healing Process of Acute Skin Wounds Under the Treatment of Wounds with Injections in Rats. *J Exp Pharmacol.* 2020;12:409–422. <https://doi.org/10.2147/JEP.S275791>
40. Silina EV, Manturova NE, Vasin VI et al. Efficacy of A Novel Smart Polymeric Nanodrug in the Treatment of Experimental Wounds in Rats. *Polymers.* 2020;12: e1126. <https://doi.org/10.3390/polym12051126>

© Васин Виталий Иванович, Ступин Виктор Александрович, Корейба Константин Александрович,
 Ягжина Вероника Евгеньевна, Сенина Елена Руслановна,
 Селюто Вероника Васильевна, Силина Екатерина Владимировна (silinaekaterina@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

10.37882/2223–2966.2021.04–2.02

АССОЦИАЦИЯ ЦИРКАДИАНОЙ ДИЗРИТМИИ С ВОЗНИКНОВЕНИЕМ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

ASSOCIATION OF CIRCADIAN DYSRHYTHMIA WITH THE GENESIS OF METABOLIC DISORDERS

**O. Vengrzhinovskaya
M. Fadeeva**

Summary. The functioning of the human body is subject to certain chronobiological laws. Circadian (circadian, circadian) rhythms are autonomous from external influences and last from 20 to 28 hours, but normally they are synchronized daily with the 24-hour day-night cycle. The generation of circadian rhythms is carried out by the suprachiasmatic nuclei of the anterior hypothalamus. Melatonin, the main hormone of the pineal gland, is an important pacemaker that transmits information about the light regime to the body, regulating the sleep-wake cycle. The functioning of the suprachiasmatic nuclei and pineal gland is in a reciprocal relationship. The level of activity of metabolic and physiological processes, the secretion of most hormones and biologically active substances are under biorhythmological control and have a certain seasonal and daily (in daily 24-hour cycles) dynamics, and in some cases are closely related to sleep (certain stages). [1] This organization is essential to increase the metabolic efficiency of the body. Circadian mismatch, most often caused by untimely exposure to light, disturbed sleep or food intake, impairs glycemic and lipid control, negatively affects factors involved in energy balance and body weight control, disorders the rhythms of hormone secretion, which contributes to the appearance of metabolic and hormonal disorders. In patients with obstructive sleep apnea syndrome, circadian rhythm disorders occur regardless of external factors. This article discusses the influence of the circadian metabolic system: regulation of glucose and lipid metabolism, the organization of the correct secretion of hormones, the secretion of adipocytokines, as well as the consequences of circadian dysrhythmia in obese patients. This knowledge will help to optimize the management of such patients in the practice of an endocrinologist.

Keywords: somnology, circadian rhythms, circadian disorders, endocrinology, obesity, metabolic syndrome, carbohydrate metabolism, lipid metabolism.

Венгржиновская Оксана Игоревна

Врач-ординатор эндокринолог, ФГБУ

«Национальный медицинский исследовательский
центр эндокринологии» Министерства

здравоохранения Российской Федерации, Москва
vengrzhinovskaya@gmail.com

Фадеева Мария Игоревна

Врач-эндокринолог, ФГБУ «Национальный

медицинский исследовательский центр
эндокринологии» Министерства здравоохранения

Российской Федерации, Москва

Аннотация. Функциональность человеческого организма подчиняется определенным хронобиологическим закономерностям. Циркадианные (циркадные, околосуточные) ритмы являются автономными от внешних воздействий и имеют длительность от 20 до 28 ч, однако в норме ежедневно синхронизированы с 24-часовым циклом «день–ночь». Генерацию циркадианных ритмов осуществляют супрахиазмальные ядра переднего гипоталамуса. Мелатонин — главный гормон эпифиза — является важным пейсмекером, передающим информацию о световом режиме организму, регулируя цикл «сон–бодрствование». Функционирование супрахиазмальных ядер и эпифиза находится в реципрокных отношениях. Уровень активности метаболических и физиологических процессов, секреция большинства гормонов и биологически активных веществ находятся под биоритмологическим контролем и имеют определенную сезонную и суточную (в ежедневных 24-часовых циклах) динамику, и в ряде случаев тесно связаны со сном (определенными его стадиями). [1] Такая организация является необходимой для повышения метаболической эффективности организма. Циркадианное рассогласование, наиболее часто вызванное несвоевременным воздействием света, нарушением режима сна или приема пищи, ухудшает гликемический и липидный контроль, отрицательно влияет на факторы, участвующие в энергетическом балансе и контроле массы тела, нарушает ритмы секреции гормонов, что способствует появлению метаболических и гормональных расстройств. В данной статье рассмотрено влияние циркадианной системы на метаболизм: регуляцию обмена глюкозы и липидов, организацию правильной секреции гормонов, секрецию адипоцитокинов, а также последствия циркадианной дизритмии у больных ожирением. Эти знания помогут оптимизировать ведение таких больных в практике врача-эндокринолога.

Ключевые слова: сомнология, циркадные ритмы, циркадианные нарушения, эндокринология, ожирение, метаболический синдром, углеводный обмен, липидный обмен.

Введение

«Circadian» происходит от латинских корней «circa», означающего «вокруг», и «diem», означающего «день». Циркадианные ритмы — это периодические паттерны, которые повторяются примерно каждые 24 часа [2], и генерируются внутри организма (эндогенно) даже при отсутствии света или других внешних воздействий.

Циркадианные ритмы крайне важны, поскольку они неразрывно связаны с различными гормональными и метаболическими процессами, они играют важную роль в поддержании гомеостаза и секреции гормонов в ежедневном (суточном) цикле.

Для оптимизации метаболической эффективности организма, циркадианные ритмы разделяют во времени противоположные метаболические процессы — анаболизм и катаболизм (рис. 1). [3]

Циркадианная система включает в себя центральный осциллятор, расположенный в билатерально симметричных супрахиазмальных ядрах (СХЯ) переднего гипоталамуса в головном мозге и генерирующий эндогенную продолжительность циркадианного ритма, и ряд вторичных осцилляторов в периферических тканях и органах, разбросанных по всему телу, включая печень, поджелудочную железу, желудочно-кишечный тракт, скелетные мышцы, жировую ткань, сердце и др. (рис. 2).

Молекулярной основой циркадианных часов является внутриклеточная транскрипционно-трансляционная саморегулирующаяся петля обратной связи: белки — продукты группы часовых генов (включая *CLOCK*, *BMAL1*, *PER1/2*, *CRY1/2* и *REV-ERB-a*), которые кодируют факторы транскрипции, чтобы произвести цикл с периодом около 24 часов [4].

Работа всей системы часов модулирует широкий спектр метаболических мишеней, таких как глюкокортикоиды, молекулы АМФ (аденозин-монофосфата), активированную протеинкиназу (adenosine monophosphate-activated protein kinase, AMPK), синтез жирных кислот и холестерина и печеночный транскрипционный фактор (cAMP response element-binding protein (CREB) для модуляции глюконеогенеза [5]. В совокупности целый ряд метаболических процессов (включая чувствительность к инсулину, секрецию инсулина, синтез холестерина, окисление жира и расход энергии) и секреция гормонов и многих биоактивных веществ следуют ритму в течение 24-часового дня.

Ритм центральных биологических часов в первую очередь регулируется первичным таймером

(zeitgeber) — дневным светом, действующим через фоторецепторы сетчатки и ретино-гипоталамический тракт, необходимым для ежедневной смены фаз. Периферические ткани интегрируют сигналы от центрального осциллятора с факторами окружающей среды и поведенческими факторами (включая свет, сон, физическую активность, питание) а также со своими собственными автономными ритмами для циркадианной синхронизации метаболизма. Совместно с СХЯ гипоталамуса определенную роль в циркадианной регуляции в организме играет гормон мелатонин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), внешние факторы (свет, режим работы, время приема пищи).

Циркадианная Дизритмия

Рассогласование внутренних часов организма с окружающим ритмом жизни может быть вызвано, например, длительным перелетом со сменой часовых поясов (так называемый джетлаг) или наиболее часто встречается социальный джетлаг — из-за сменного режима работы, переработки на дому, связанные с работой или учебой в институте/школе, нарушение ритма сна/бодрствования из-за длительного отдыха. Социальный джетлаг ассоциирован с более высоким индексом массы тела (ИМТ) и риском перехода от избыточного веса к ожирению, [6] повышением риска развития сахарного диабета 2 типа (СД 2) и метаболического синдрома (МС). Более поздний хронотип также ассоциируется с риском развития СД 2 и более высоким уровнем гликированного гемоглобина (HbA1c) при СД 2 и предиабете [7].

Таким образом, нарушение циркадианных ритмов увеличивает риск развития метаболических расстройств и нарушений эндокринного гомеостаза, что объясняет столь драматический рост ожирения и СД 2, поскольку такие факторы как переизбыток или гиподинамия уже не могут в полной мере сделать этого. Нарушенный паттерн сна/бодрствования приводит к изменению молекулярных механизмов внутриклеточных циркадианных ритмов (концентрации глюкозы, свободных жирных кислот (СЖК), триглицеридов (ТГ), гормонов, например, инсулина, глюкокортикостероидов (ГКС)).

Циркадианные ритмы метаболизма глюкозы

Множество исследований подтвердили существование суточного ритма толерантности к глюкозе в ходе перорального ее приема. При этом величина суточных вариаций толерантности к глюкозе поразительно велика: взрослые с нормальной толерантностью к глюкозе утром могут быть метаболически эквивалентны предиабетическому состоянию вечером.

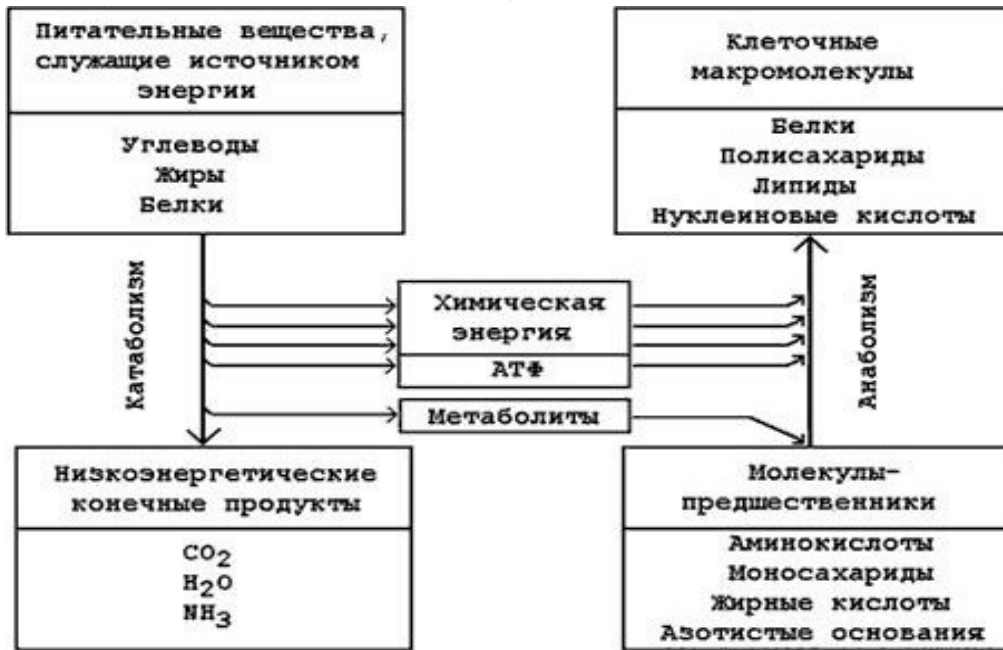


Рис. 1

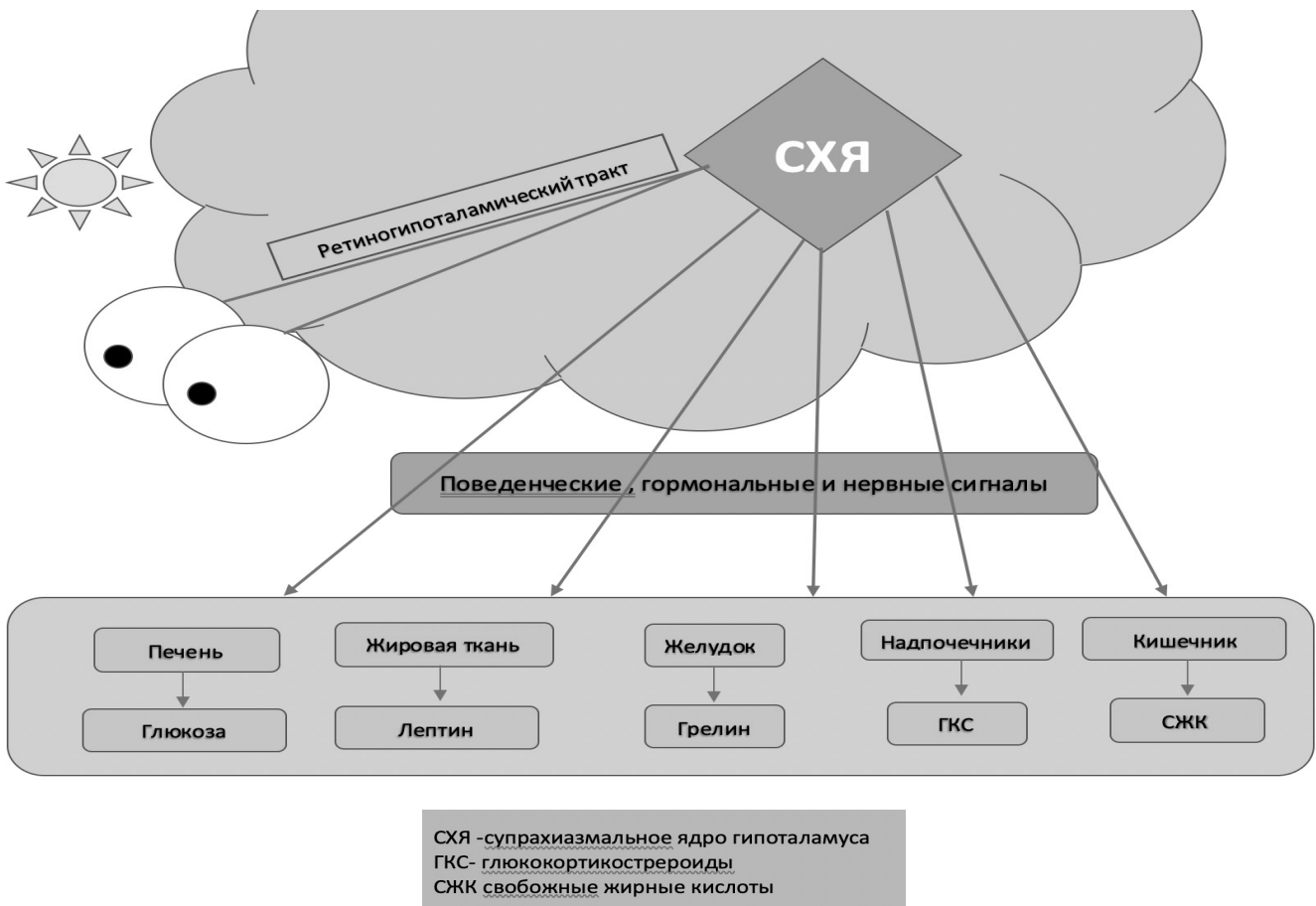


Рис. 2

Такие суточные колебания толерантности к глюкозе могут быть связаны: с суточными ритмами чувствительности β-клеток поджелудочной железы (ПЖ); с суточными ритмами секреции инсулина и его клиренса; ритмами периферической чувствительности к инсулину. Так, чувствительность, β-клеток ПЖ, измеряемая по толерантности к глюкозе, выше утром, чем в другое время суток [8]. Большинство исследований показывает, что клеточные автономные циркадианные часы в β-клетках ПЖ являются ключевым регулятором гомеостаза глюкозы млекопитающих и человека, и что их дисрегуляция тесно связана с метаболическими расстройствами у человека. При наличии циркадианного сдвига (сон с 9:00 до 14:00) происходит достоверное снижение чувствительности к инсулину (с 58% до 32%) при сопоставимых длительности сна, калоражу пищи, продолжительности фаз сна в сравнении со здоровыми испытуемыми без циркадианного сдвига сна (сон с 00:30 до 05:30). [9].

Нарушение суточных ритмов толерантности к глюкозе, секреции инсулина и периферической чувствительности к нему ослабляются либо замедляются у лиц с ожирением. То же самое отмечается при предиабете, а у взрослых с СД 2 они отсутствуют или инвертированы (фаза задерживается на несколько часов). В исследовании с постоянной инфузией глюкозы обнаружено, что ритм толерантности к глюкозе был изменен у лиц с ожирением, их ритмы утилизации глюкозы и секреции инсулина были снижены [10].

Таким образом нарушение суточного ритма метаболизма глюкозы может привести к метаболическому синдрому, развитию преддиабета или СД 2 типа.

Циркадианные ритмы обмена липидов

Секреция большинства липидов в отличие от других метаболитов плазмы в большей степени регулируется циркадианной системой. Пик синтеза холестерина (ХС) также подчиняется циркадианному ритму разнятся. Большинство исследований показывают, что пик приходится на 22.00 ч. Пик выработки триглицеридов (ТГ), зависит от времени приема пищи. Он отмечается после обеда, причем у мужчин после приема пищи наблюдается в 2 раза более высокое максимальное повышение их уровня в сыворотке крови, чем у женщин, и более высокая суточная вариабельность (36% у мужчин против 24% у женщин) [11]. Эти различия могут быть обусловлены влиянием эстрогенов на липидный обмен, возраста и метаболического фенотипа.

Суточный ритм также имеется у ацилкарнитинов, которые участвуют в окислении жирных кислот, перенося

их из цитоплазмы в митохондрии. В одном из исследований при биопсии мышц у 13 здоровых женщин с избыточной массой тела показали, что гены, регулирующие окисление жирных кислот, подавлены на 38–82% в вечернее время по сравнению с утренним, в то время как гены, вовлеченные в липогенез *de novo*, активированы на 51–87%. Т.е. экспрессия генов, вне зависимости от соответствующих изменений липолиза в жировой ткани, благоприятствует сдвигу в разделении жирных кислот в скелетной мышце от окисления утром до липогенеза вечером, что возможно обуславливает развитие ожирения при синдроме «ночной еды». [12]

Многие анаболические ритмы у людей достигают пика в биологическое утро или ранним днем. Прием пищи в соответствии с этими ритмами путем его переноса на более раннее время в дневное время, способствует снижению массы тела у взрослых. Эти преимущества могут быть обусловлены главным образом циркадианными изменениями в постпрандиальных метаболических путях, в особенности в периферических тканях (скелетные мышцы и жировая ткань [13].

Это позволяет предположить существование различных циркадианных метаболических фенотипов. Для их определения необходимы обширные контролируемые клинические исследования.

Циркадианные ритмы эндокринных процессов

Биологические ритмы гормонов являются фундаментом, на котором базируется гомеостаз. Обеспечение биоритмической секреции гормонов поддерживается эфферентными сигналами от СХЯ через нейроэндокринные и вегетативные выходы, которые, в свою очередь, могут давать временные сигналы мишеням в периферические системы и центральную нервную систему (ЦНС). Сбой в биологических ритмах секреции гормонов влечет за собой каскад метаболических изменений и приводит к развитию расстройств и заболеваний, в частности — к ожирению и сахарному диабету 2 типа.

Одним из гормонов, тесно ассоциированным с циркадными ритмами является Тиреотропный гормон (ТТГ). ТТГ секретируется в пульсирующем режиме, обусловленным пульсирующим выбросом тиреотропин-рилизинг гормона (ТРГ). При этом частота и амплитуда пульсации увеличиваются в вечернее/ночное время. Пиковый уровень секреции происходит между 23.00 и 04.00 ч, медленно снижается во время сна и в первой половине дня до минимальных значений в послеполуночное время. Также в исследованиях с экспериментальным голоданием обнаружена роль соматостатина

в регуляции продукции ТТГ: у человека длительное голодание приводит к уменьшению амплитуды пульсовой секреции гормона и пика его концентрации в ночное время, снижению базальной концентрации ТТГ в сыворотке крови [14]. Прием пищи восстанавливает ритм секреции ТТГ, однако, его уровень еще некоторое время остаётся ниже исходного. Интересным представляется влияние продолжительности сна на секрецию ТТГ: как более короткий, так и более длительный сон в сравнении с оптимальной его продолжительностью могут увеличить риск дисфункции щитовидной железы. Так, в исследовании на 5000 пациентов был выявлен повышенный риск субклинического гипертиреоза у короткоспящих (<7 ч/сут) пациентов, который в свою очередь связан с одирением, при отсутствии субклинического гипотиреоза у длинноспящих (>8 ч/сут) людей [15].

Циркадианная система может также играть роль в регуляции аппетита: гормоны, регулирующие аппетит, имеют циркадианный ритм секреции, который сопряжен с циклом «сон–бодрствование». Эндокринные сигналы с периферии оказывают свое воздействие на ежедневный энергетический баланс путем передачи сигналов обратно в мозг циркадианно–зависимо в течение дня. Этими сигналами являются грелин и адипоцитокينات, передающие информацию в мозг о наличии или отсутствии периферических запасов или потребностей в энергии и контролирующие массу тела.

Лептин — это адипоцитокин, главным образом секретируемый белой жировой тканью. Транспортируясь в дугообразное ядро гипоталамуса, он ингибирует пул нейронов: нейропептид-Υ (NPY- Neuropeptide Y) и агути–подобный белок (AGRP — agouti related peptide), обладающие орексигенным эффектом, и активирует нейроны, секретирующие проопиомеланокортин (POMC- Proopiomelanocortin) и кокаин–и амфетамин–регулируемый транскрипт (CART- Cocaine and amphetamine regulated transcript), таким образом приводя к снижению потребления пищи. Суточный ритм высвобождения лептина находится под контролем СХЯ. Как правило, уровень лептина увеличивается в ночное время и после еды, что приводит к снижению аппетита. Утром отмечается минимум его секреции. В исследовании при вынужденном смещении суточного ритма у взрослых наблюдались снижение уровня лептина, повышение значений постпрандиальной гликемии, среднего артериального давления, изменение ритма сердца, увеличение секреции инсулина и кортизола с более высокими пиками после пробуждения и перед сном [16].

Таким образом, лептин может представлять собой важную связь между сном, циркадианным ритмом и метаболизмом.

Грелин является гормоном, секретируемым окситиновыми клетками слизистой оболочки фундального отдела желудка. Циркулирует он в большей части в неактивной форме и становится биологически активным в ответ на голодание. Грелин противоположен лептину, он вызывает чувство голода, главным образом, через активацию нейронов в дугообразном ядре гипоталамуса, что приводит к повышенному высвобождению NPY и AGRP в паравентрикулярное ядро гипоталамуса (ПВН) и другие гипоталамические структуры. Плазменные уровни грелина колеблются в соответствии с циклом питания, что делает этот гормон предполагаемым кандидатом для регулирования циркадианного пищевого ритма [17]. Повышение общего грелина и снижение активного происходит во время сна, во время бодрствования между приемами пищи в ожидании их наоборот происходит повышение активного грелина. Грелин также подает сигнал обратно в СХЯ, влияя на экспрессию часовых генов, производя сдвиги циркадианного ритма при голоде и ослабляя сигналы в СХЯ в темноте. Следовательно, грелин — эндокринный сигнал, который помогает общаться желудочно–кишечной системе и центральным регуляторам суточного ритма — СХЯ. [18]

Оментин — протеин, который секретируется адипоцитами висцеральной жировой ткани. Он повышает чувствительность к инсулину в мышцах, печени и жировом депо большого сальника. При снижении его секреции увеличивается ИР, что ассоциировано с ожирением и СД 2. В норме пик выработки оментина приходится на дневное время, а к вечеру и в течении ночи его уровень снижается, но при ожирении наблюдается высокая вариабельность его пиков [19]

Уровни лептина, грелина и оментина у пациентов с ожирением выше, чем у пациентов с нормальной ИМТ. Считается, что повышенный уровень с-реактивного белка (СРБ) при ожирении, что приводит к повышению сывороточного уровня лептина [20]. Это сопровождается резистентностью к лептину из-за пониженной регуляции рецепторов к нему и приводит к нарушению регуляции веса и может способствовать его увеличению.

Выводы

Циркадианные ритмы являются ключевыми факторами здоровья и благополучия человека. Полученные за последнее десятилетие знания о молекулярных и клеточных основах биологических часов вывели циркадианное время на передний план физиологии и тем самым показали, как временная дезорганизация может лежать в основе заболеваний. Действительно, нарушение суточного ритма, ассоциируются с различными патологиями и риском возникновения расстройств,

в первую очередь метаболических и эндокринных. Возможно, именно циркадианная дизритмия может объяснить столь быстрый рост ожирения и СД 2. Длительные и тяжелые нарушения сна достаточны для того, чтобы вызвать изменения в гомеостатической энергетической потребности. Прервать «порочный круг» и реализовать лечебный потенциал возможно через хроно-

физиологические факторы, в том числе нормализацию сна. Циркадианная концепция должна быть обязательно включена в ядро медицины, чтобы максимально использовать ее потенциал для профилактики и лечения метаболических заболеваний, особенно ожирения и СД 2, что стало крайне актуальным в практике врача-эндокринолога.

ЛИТЕРАТУРА

- Hastings M, O'Neill JS, Maywood ES. Circadian clocks: regulators of endocrine and metabolic rhythms. *J Endocrinol.* 2007; 195: 187–198
- Circadian Regulation of Glucose, Lipid, and Energy Metabolism in Humans, Eleonora Poggiogalle, Humaira Jamshed, Courtney M. Peterson, *Metabolism.* in PMC2019 Jul 1, doi: 10.1016/j.metabol.2017.11.017.
- Panda S. Circadian physiology of metabolism. *Science.* 2016;354(6315):1008–1015.], [Gerhart-Hines Z, Lazar MA. Circadian metabolism in the light of evolution. *Endocr Rev.* 2015;36(3):289–304.], [Marcheva B, et al. Circadian clocks and metabolism. *Handb Exp Pharmacol.* 2013;(217):127–55
- Takahashi JS. Transcriptional architecture of the mammalian circadian clock. *Nat Rev Genet* 2017;18:164–79.doi:10.1038/nrg.2016.150],[Eckel-Mahan K, Sassone-Corsi P. Metabolism and the circadian clock converge. *Physiol Rev* 2013;93:107–35.doi:10.1152/physrev.00016.2012
- Zhang EE, et al. Cryptochrome mediates circadian regulation of cAMP signaling and hepatic gluconeogenesis. *Nat Med.* 2010;16(10):1152–6
- Lee A, et al. Diurnal variation in glucose tolerance. Cyclic suppression of insulin action and insulin secretion in normal-weight, but not obese, subjects. *Diabetes.* 1992;41(6):750–9.
- Anothaisintawee T, Lertrattananon D, Thamakaisorn S, et al. Later chronotype is associated with higher hemoglobin A1c in prediabetes patients. *Chronobiol Int* 2017;34:393–402.doi:10.1080/07420528.2017.1279624
- Lee A, et al. Diurnal variation in glucose tolerance. Cyclic suppression of insulin action and insulin secretion in normal-weight, but not obese, subjects. *Diabetes.* 1992;41(6):750–9.
- Leproult R, Holback U, Van Cauter E. Circadian misalignment augments markers of insulin resistance and inflammation, independently of sleep loss. *Diabetes.* 2014;63(6):1860–1869. doi: <https://doi.org/10.2337/db13-1546>.
- Van Cauter EV, et al. Abnormal temporal patterns of glucose tolerance in obesity: relationship to sleep-related growth hormone secretion and circadian cortisol rhythmicity. *J Clin Endocrinol Metab.* 1994;79(6):1797–805
- Demacker PN, et al. Intra-individual variation of serum cholesterol, triglycerides and high density lipoprotein cholesterol in normal humans. *Atherosclerosis.* 1982;45(3):259–66.
- Yoshino J, et al. Diurnal variation in insulin sensitivity of glucose metabolism is associated with diurnal variations in whole-body and cellular fatty acid metabolism in metabolically normal women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014;99(9): E1666–70.
- Circadian Regulation of Glucose, Lipid, and Energy Metabolism in Humans, Eleonora Poggiogalle, Humaira Jamshed, Courtney M. Peterson, *Metabolism.* in PMC2019 Jul 1, doi: 10.1016/j.metabol.2017.11.017.
- Romijn J.A., Adriaanse R., Brabant G., Prank K., Ender E., Wiersinga W.M. Pulsatile secretion of thyrotropin during fasting: a decrease of thyrotropin pulse amplitude. // *J Clin Endocrinol Metab.* — 1990 — Vol. 70. — P. 1631–1636
- Woojun Kim 1, Jeongmin Lee, Jeonghoon Ha, Kwanhoon Jo, Dong-Jun Lim, Jung-Min Lee, Sang-Ah Chang, Moo-Il Kang, Min-Hee Kim, Association between Sleep Duration and Subclinical Thyroid Dysfunction Based on Nationally Representative Data, *Journal of Clinical Medicine* 2019, 8(11), 2010; <https://doi.org/10.3390/jcm8112010>.
- Scheer FA, Hilton MF, Mantzoros CS, Shea SA. Adverse metabolic and cardiovascular consequences of circadian misalignment. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;106(11): 4453–4458
- Patton, D.F., Mistlberger, R.E., 2013. Circadian adaptations to meal timing: neuro- endocrine mechanisms. *Front. Neurosci* 7, 185
- Spiegel K, et al. Twenty-four-hour profiles of acylated and total ghrelin: relationship with glucose levels and impact of time of day and sleep. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;96(2):486–93
- S. Zirlik1, K.M. Hildner1, A. Targosz3, M.F. Neurath1, F.S. Fuchs1, T. Brzozowski3, P.C. Konturek. Melatonin And Omentin: Influence Factors In The Obstructive Sleep Apnoea Synd Rome?, *Journal Of Physiology And Pharmacology* 2013, 64, 3, 353–360
- Chen K, Li F, Li J, et al. Induction of leptin resistance through direct interaction of C-reactive protein with leptin. *Nature Medicine.* 2006;12(4):425–432

10.37882/2223–2966.2021.04–2.03

ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ВИТАМИНА D НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ

INFLUENCE OF VITAMIN D DEFICIENCY ON THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

**O. Vengrzhinovskaya
I. Bondarenko**

Summary. Vitamin D deficiency is diagnosed in about 30–50% of the world's population [1]. It should be noted that Vitamin D deficiency increases in proportion to the distance from the equator, which explains the increased filtration of UV rays. [2]. It causes not only chit, osteoporosis, osteomalacia, but also cardiovascular pathology. The Russian and foreign studies presented in this review prove that moderate and severe vitamin D deficiency is a risk factor for the development of cardiovascular diseases. [3].

A decrease in the level of vitamin D in humans is a risk factor for cardiovascular pathology: arterial hypertension (AH), diabetes mellitus (DM), dyslipidemia, myocardial fibrosis and a predictor of adverse cardiovascular events — strokes and heart attacks.

It has been shown that vitamin D has a protective effect on blood vessels, reducing endothelial dysfunction, has a positive effect on blood pressure, slows down vascular remodeling and myocardial fibrosis, reduces the risk of left ventricular hypertrophy and atherosclerosis, reduces insulin resistance, and affects the course of inflammatory processes [4].

Keywords: vitamin D deficiency, 25(OH)D, 1,25(OH)2D, cardiology, arterial hypertension, atherosclerosis, disturbance of heart rate, congestive heart failure.

Венгржиновская Оксана Игоревна

Врач-ординатор эндокринолог, ФГБУ

«Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва
vengrzhinovskaya@gmail.com

Бондаренко Ирина Зиятовна

Врач-кардиолог, д.м.н., с.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Аннотация. Дефицит витамина D встречается примерно у 30–50% населения мира [1]. Необходимо отметить, что дефицит Витамина D, растет пропорционально расстоянию от экватора, что объясняет увеличение фильтрации УФ-лучей. [2]. Он вызывает не только –рахит, остеопороз, остеомаляцию, но и сердечно-сосудистую патологию. Проведенные российские и зарубежные исследования, представленные в данном обзоре, свидетельствуют о том, что умеренная и тяжелая недостаточность витамина D является фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. [3].

Снижение уровня витамина D у человека является фактором риска сердечно-сосудистой патологии: артериальной гипертензии (АГ), сахарного диабета (СД), дислипидемии, фиброза миокарда и предиктором неблагоприятных сердечно-сосудистых событий — инсультов и инфарктов.

Было показано, что витамин D оказывает вазопротекторный эффект снижая эндотелиальную дисфункцию, положительно влияет на артериальное давление, замедляет ремоделирование сосудов и фиброз миокарда, снижает риск развития гипертрофии левого желудочка и атеросклероза, уменьшает резистентность к инсулину, и влияет на течение воспалительных процессов [4].

Ключевые слова: дефицит витамина D, 25(OH)D, 1,25(OH)2D, кардиология, атеросклероз, артериальная гипертензия, нарушение сердечного ритма, ХСН.

Витамин D — жирорастворимый, он был открыт более 90 лет назад, когда ученые обнаружили, что рыбий жир может лечить рахит. Витамин D поступает в организм с пищей, однако количество продуктов питания, в которых он содержится очень ограничено. Но это не единственный путь поступления витамина D в организм — он способен синтезироваться под действием УФ лучей в коже. Для превращения в активную форму витамину D необходимо пройти два процесса гидроксилирования: первый этап происходит в печени

и витамин D превращается в 25(OH)D (25-гидроксивитамин D) (кальцидиол), далее второй этап гидроксилирования в почках — образуется активная форма витамина D — 1,25(OH)2D (1,25-дигидроксивитамин D).

Спектр действия витамина D не ограничивается только контролем кальций-фосфорного обмена, он влияет и на развитие сердечно-сосудистых заболеваний. Что было подтверждено в масштабном исследовании Framingham Offspring Study, которое длилось более

5 лет. Было показано, что частота сердечно-сосудистых событий (ишемии, инфарктов, инсультов) была выше на 33% в группе пациентов с дефицитом витамина D, а также была показана прямая корреляция с уровнем витамина D и наличием артериальной гипертензии [5]

Витамин D влияет не только на течение и прогноз хронических заболеваний, но и на острые состояния. Среди пациентов, поступивших в отделения интенсивной терапии (ОИТ), у 40–70% встречается дефицит витамина D. По данным систематического обзора 14 исследований (в которых участвовали 9715 пациентов ОИТ) выявлено, что дефицит витамина D был ассоциирован с более высокой смертностью. Также в обзоре сделан вывод, что дефицит витамина D может быть предиктором неблагоприятных последствий для здоровья среди пациентов ОИТ [6].

По результатам еще одного крупного исследования, установили, что у пациентов с низконормальным уровнем 25(OH)D (<37.5 нмоль/л), в сравнении с пациентами с достаточными уровнями (≥75 нмоль/л) риск развития ИМ повышался более чем в 2 раза [7].

Исходя из вышеуказанных исследований, дефицит витамина D, является одним из факторов риска развития либо ухудшения течения сердечно-сосудистых заболеваний. Далее будет рассмотрено влияние дефицита витамина D на конкретные сердечно-сосудистые патологии.

Дефицит витамина D и развитие атеросклероза

Развитие атеросклероза является серьезным фактором риска неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов, но несмотря на обширное количество клинических исследований его патогенез до сих пор до конца не изучен.

Основным регулятором сосудистого гомеостаза является эндотелий. В результате эндотелиальной дисфункции происходят воспалительные реакции, которые могут привести к пролиферации гладких мышц, тромбозу и способствуют развитию атеросклероза. Витамин D играет протективную роль и снижает риск развития атеросклероза посредством: уменьшения адгезии и агрегации тромбоцитов, снижения окислительного стресса, увеличении продукции NO, подавления высвобождения провоспалительных цитокинов и ингибирования пролиферации гладкомышечных волокон [3].

Ригидность сосудистой стенки — важный фактор в развитии атеросклероза. По данным исследований,

у пациентов с уровнем 25(OH)D менее 20 нг/мл повышена скорость пульсовой волны в аорте > 9 м/сек (N=4–6 м/сек), при этом увеличение скорости пульсовой волны имеет прямую корреляцию с увеличением риска развития атеросклероза. В этом исследовании был сделан вывод — чем ниже уровень витамина D, тем больше жесткость артерий, при этом поддержание уровня витамина D в референсном интервале способствует 2-х кратному снижению риска развития атеросклероза [8]. Один из вероятных механизмов патогенеза — положительное влияние активного метаболита витамина D — 1,25(OH)2D. Он снижает отложение минеральных депозитов на эндотелии, регулируя содержание в сыроворотке крови кальция и фосфора.

Одну из основных ролей в развитии атеросклероза играют воспалительные реакции. Наиболее широко изученными маркерами сосудистого воспаления являются С-реактивный белок (СРБ) и фактора некроза опухоли-α (ФНО-α). Большое количество исследований подтверждают, что уровень витамина D способен подавлять высвобождения ФНО-α, также уровень витамина D обратно пропорционален концентрации в сыворотке СРБ. Помимо этого высокий уровень витамина D достоверно ассоциирован с высокой концентрацией интерлейкина-10, который обладает кардиопротективным действием, подавляя продукцию провоспалительных цитокинов [9].

Статины — основной компонент терапии атеросклероза. Существуют публикации, рекомендуемые совместный прием витамина D со статинами. Витамин D ингибирует ГМГ-КоА-редуктазу, фермент играющий ключевую роль в развитии атеросклероза, тем самым усиливая терапевтическое действие статинов.

Дефицит витамина D и развитие АГ

Взаимосвязь дефицита витамина D и развития артериальной гипертензии обсуждалась еще с конца прошлого века. Первое исследование, выявившее их взаимосвязь — Rostand в 1979г, было показано, что риск развития АГ выше у людей с дефицитом витамина D (живущих дальше от экватора). В исследовании по изучению ультрафиолетового облучения (УФО) также было подтверждено влияние УФО на артериальное давление (АД). После воздействия УФО наблюдалось умеренное, статистически достоверное, снижение систолического АД. [10].

Существует несколько механизмов действия витамина D на уровень АД. Важным компонентом в контроле артериального давления, водно-солевого обмена и сосудистого тонуса является ренин-ангиотензин-альдостероновая система (РААС). По данным послед-

них исследований активный метаболит витамина D — 1,25(OH)D участвует в регуляции РААС, подавляя экспрессию гена ренина. Данное влияние было доказано в исследовании на грызунах: ингибирование синтеза 1,25(OH)D приводит к повышению экспрессии ренина и наоборот — введение грызунам 1,25(OH)D подавляет экспрессию ренина. Второй механизм — это снижение экспрессии эндотелиальной NO-синтетазы при дефиците витамина D, что ведет к повышению жесткости сосудистой жесткости и развитию эндотелиальной дисфункции. При этом введение 1,25(OH)2D оказывает протективное действие — увеличивает выработку NO в эндотелии [11].

Риск развития АГ у пациентов с дефицитом витамина D оценивался во многих исследованиях. Два проспективных когортных исследования длительностью 16–18 лет, соответственно, с участием 38388 мужчин и 77531 женщины. Выявили, что риск развития АГ у мужчин с уровнем 25(OH) D менее 15 нг/мл значительно выше, чем при уровне 25(OH)D более 30 нг/мл, при анализе риска развития АГ у женщин также были получены достоверные различия [12]. Исследование NHANES III на 15 000 пациентов также показало отрицательную корреляцию с уровнем витамина D и повышением цифр АД.

В качестве терапии АГ целесообразно добавление витамина D в комбинации с антигипертензивными препаратами, это приводит к снижению уровня систолического АД и к улучшению функции левого желудочка [13].

Нарушение сердечного ритма и дефицит витамина D

Дефицит витамина D влияет также на сердечный ритм, однако патофизиологические механизмы этого влияния до конца еще не изучены.

В Шотландии проводилось 6-летнее исследование суточной вариабельности частоты госпитализации и смертности вследствие фибрилляции предсердий (ФП). Было выявлено достоверное увеличение на 12% частоты госпитализаций в зимний период у женщин и достоверное увеличение смертности на 22% от ФП у мужчин [14]. В исследовании NHANES на 27153 пациентов в двух временных интервалах с 1988 по 1994 и с 2001 по 2006 год установили, что частота сердечных сокращений была достоверно выше на 2,1 уд/мин у пациентов уровнем 25(OH)D (менее 10,0 нг/мл), чем у участников с более высоким уровнем 25(OH)D в референсном интервале. В отношении АД также отмечено повышение среднего АД в группе пациентов с уровнем 25(OH)D менее 10,0 нг/мл, в сравнении с пациентами с уровнем 25(OH)D 15–35 нг/мл.

Диаметр левого предсердия и давление в легочной артерии в значительной степени связаны с возникновением ФП. По данным проведенного исследования выявили, что уровень витамина D коррелирует с данными показателями у пациентов с неклапанной персистирующей ФП [15]. Мета-анализ 8 исследований с участием 27307 пациентов также выявил, что дефицит витамина D является одним из предикторов развития ФП [16].

Учитывая проведенные исследования дефицит витамина D играет немаловажную роль в развитии нарушений сердечного ритма.

Дефицит витамина D и хроническая сердечная недостаточность

Витамин D имеет многофакторное влияние на развитие хронической сердечной недостаточности (ХСН). Одним из факторов является развитие вторичного гиперпаратиреоза вследствие дефицита витамина D. Высокий уровень паратиреоидного гормона (ПТГ) провоцирует кальцификацию сердечных клапанов, тем самым увеличивая риск развития ХСН. Следующий фактор — это подавление при нормальных уровнях 1,25(OH)2D синтеза провоспалительных цитокинов: ИЛ-1, ИЛ-6, ИЛ-8 и ФНО-α, что в свою очередь снижает частоту развития ХСН [17]. Также немаловажный фактор развития ХСН — регуляция витамином D активности теломеразы, именно укорочение теломер одна из причин старения, которое увеличивает риск развития ХСН и других возраст-ассоциированных заболеваний [18].

В отношении дефицита витамина D и развития ХСН было проведено несколько масштабных исследований. Одно из них длилось 2,5 года и закончилось в 2016 году, была выявлена отрицательная корреляционная связь уровня витамина D с концентрацией NT-proBNP и фракцией выброса левого желудочка, данная корреляция была также подтверждена и в другом исследовании но помимо этого, продемонстрировали, что связаны дисфункция миокарда, и смертностью от сердечной недостаточности были достоверно связаны с низкими уровнями 25(OH)D и 1,25(OH)2D [19]. Способность витамина подавлять выработку провоспалительных цитокинов и увеличивать выработку противовоспалительных была также подтверждена в исследовании на 123 пациентах. В течении 9-ти месяцев они получали терапию витамином D в дозировке 2000 МЕ. При контроле после терапии было выявлено снижение ФНО-α и увеличение уровня противовоспалительного ИЛ-10 [20].

Исходя из выше проведенных исследований можно составить данную схему действия дефицита витамина

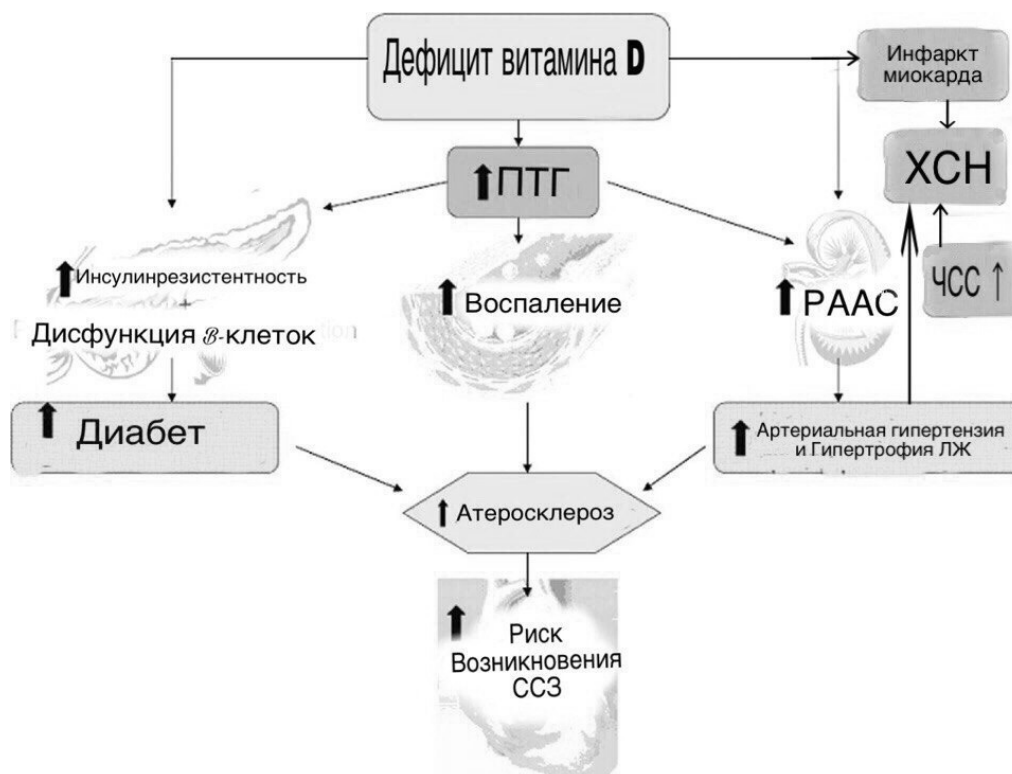


Рис. 1

D на сердечно-сосудистую систему. (Схема 1). ХСН -хроническая сердечная недостаточность; ПТГ — паратиреоидный гормон; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЛЖ– левый желудочек; ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания (рис. 1).

Изучение эффективности применения витамина D установило его положительное влияние для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Совокупность механизмов влияния витамина D на сердечно-сосудистую систему велика, но патогенез некоторых эффектов до сих пор остается неясен, что требует дальнейшего исследования.

Профилактика и лечение дефицита витамина D

Широкий популяционный скрининг дефицита витамина D не рекомендуется российской ассоциации эндокринологов (РАЭ), но необходим в группах риска по его дефициту. К группам риска дефицита витамина D относятся: пациенты с недостаточной инсоляцией (маломобильные, с фотодерматитом, альбинизмом и по др. причинам), пациенты с хронической болезнью почек, с синдромом мальабсорбции, печеночной недостаточностью, с ожирением, пациенты длительно принимающие глюкокортикостероиды.

По данным из клинических рекомендации РАЭ: дефицитом витамина D обозначается концентрация в сыворотке 25(OH)D < 20 нг/мл, недостаточность — концентрация 25(OH)D от 20 до 30 нг/мл, Рекомендуемыми целевыми значениями 30–60 нг/мл.

В целях профилактики дефицита витамина D лицам пациентам в возрасте 18–50 лет необходимо получать не менее 600–800 МЕ витамина D в сутки, пациентам старше 50 лет — не менее 800–1000 МЕ витамина D в сутки. При нарушении всасывания/метаболизма витамина D — необходимо увеличение суточной дозировки в 2–3 раза для данной возрастной группы. Принимая во внимание токсическое действие больших доз витамина D (более 10 000 МЕ в сутки) без регулярного скрининга уровня витамина D, прием таких доз нецелесообразен.

Для лечения дефицита витамина D используют схемы насыщающей и поддерживающей дозы: при уровне 25(OH)D <20 нг/мл в сыворотке, лечение начинают с суммарной насыщающей дозы колекальциферола 400 000 МЕ, при уровне 25(OH)D в сыворотке 20–29 нг/мл для лечения используют дозу колекальциферола — 200 000 МЕ. В зависимости от кратности приема насыщающая доза колекальциферола 400 000 МЕ может быть достигнута приемом 200 000 МЕ каждый месяц в течение

2-х месяцев, либо по 50 000 МЕ каждую неделю, либо по 7 000 МЕ.

Заключение

Дефицита витамина D широко распространен и влияет на течение и развитие множества сердечно-сосудистых заболеваний. Кардиологические пациенты с ХСН, ИБС, АГ как правило ведут малоподвижный образ жизни, реже бывают на солнце, из-за чего они входят в группу риска по дефициту витамина D. Экономически более выгодна профилактика витамина D, чем лечение

последствий его дефицита. В качестве профилактики может быть использован не только прием профилактических дозровок и достаточная инсоляция, но и обогащение продуктов питания витамином D (в Финляндии с 2003 году используется обогащение пищевых продуктов витамином D, что фактически устранило его дефицит у населения). Для внедрения в клиническую практику назначения витамина D в комплексе с препаратами для терапии сердечно-сосудистых заболеваний, определения точной терапевтической дозировки для кардиологических пациентов необходимы дальнейшие рандомизированные контролируемые исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Lips P. Worldwide status of vitamin D nutrition. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2010; 121:297–300
- Mithal A. Treatment of vitamin D deficiency. *Endocrine case management ICE/ENDO 2014 Meet-th- professor, Endocrine society 2014* pp.37–39
- Menezes A.R., Lamb M.C., Lavie C.J., DiNicolantonio J.J. Vitamin D and atherosclerosis. *Curr Opin Cardiol* 2014; 29(6):571–577
- Tomson J., Emberson J., Hill M., et al. Vitamin D and risk of death from vascular and non-vascular causes in the Whitehall study and meta-analyses of 12 000 deaths. *Eur Heart J* 2013; 34(18): 1365–74.
- Wang T.J., Pencina M.J., Booth S.L., et al. (2008) Vitamin D deficiency and risk of cardiovascular disease. *Circulation* 117:503–51
- de Haan K., Groeneveld A.B., de Geus H.R., et al. Vitamin D deficiency as a risk factor for infection, sepsis and mortality in the critically ill: systematic review and meta-analysis // *Crit. Care.* 2014. 18. P. 660. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0660-4>.
- Giovannucci E, Liu Y, Hollis BW, Rimm EB. 25-hydroxyvitamin D and risk of myocardial infarction in men: a prospective study. *Arch Intern Med* 2008; 168: 1174–1180
- Mayer O Jr, Filipovský J, Seidlerová J, Vaněk J, Dolejšová M, Vrzalová J, Cífková R. The association between low 25-hydroxyvitamin D and increased aortic stiffness. *J Hum Hypertens.* 2012 Nov; 26(11):650–5
- Zittermann A, Dembinski J, Stehle P. Low vitamin D status is associated with low cord blood levels of the immunosuppressive cytokine interleukin-10. *Pediatr Allergy Immunol* 2004;15:242–6
- Weber KT, Rosenberg EW, Sayre RM. Suberythral ultraviolet exposure and reduction in blood pressure. *The American Journal of Medicine* 2004;117(4):281–2.
- Norman P.E., Powell J.T. Vitamin D and Cardiovascular Disease. *Circulation Research.* 2014; 114:379–393. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.113.301241
- Forman JP, Giovannucci E, Holmes MD, Bischoff-Ferrari HA, Tworoger HA, Willett WC, Curhan GC. Plasma 25-hydroxyvitamin D levels and risk of incident hypertension. *Hypertension* 2007 May;49(5):1063–9.
- Nadir M.A., Szejewski B.R., Witham M.D. Vitamin D and cardiovascular prevention. *Cardiovasc Ther* 2010; 28(4): 5–12
- Murphy NF, Stewart S, MacIntyre K, Capewell S, McMurray JJ. Seasonal variation in morbidity and mortality related to atrial fibrillation. *International Journal of Cardiology* 2004 Dec;97(2):283–8.
- Cerit, Levent Bermuda triangle; heart failure, atrial fibrillation, and vitamin D deficiency. *Journal of Cardiovascular Medicine.* 2017 — Volume 18 — Issue 2 — p 121
- Zhiwei Zhang, BS; Yajuan Yang, BS; Chee Yuan Ng, MD; Dandan Wang, BS; Jianlong Wang, BS; Guangping Li, MD, PhD; Tong Liu, MD, Ph D. Meta-analysis of Vitamin D Deficiency and Risk of Atrial Fibrillation. *Clin. Cardiol.* 2016. 39, 9, 537–543
- Kamen D.L., Tangpricha V. Vitamin D and molecular actions on the immune system: modulation of innate and autoimmunity. *J Mol Med* 2010; 88: 441–50
- Драпкина О.М., Шепель П.Н. Теломеры и хроническая сердечная недостаточность. *Кардиология* 2014; 54(4): 60–7
- Pilz S., Marz W., Wellnitz B., Seelhorst U., Fahrleitner-Pammer A., Dimai H., Boehm B., Dobnig H. Association of vitamin D deficiency with heart failure and sudden cardiac death in a large cross-sectional study of patients referred for coronary angiography. *J Clin Endocrinol Metab* 2008; 93(10):3927–393
- Schleithoff SS, Zittermann A, Tenderich G, Berthold H, Stehle P, Koerfer R. Vitamin D supplementation improves cytokine profiles in patients with congestive heart failure: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2006 Apr;83(4):754–9.

© Венгржиновская Оксана Игоревна (vengrzhinovskaya@gmail.com), Бондаренко Ирина Зиятовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РИСКИ РАЗВИТИЯ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕНЕСЕННОЙ ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19 В ДОЛГОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

RISKS OF PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION IN PATIENTS WITH PRIORED COVID-19 INFECTION IN THE LONG TERM

**E. Vishneva
E. Yegorova**

Summary. The coronavirus disease COVID-19 is a highly contagious infection currently widespread in the world, SARS-CoV-2 virus is the etiological factor of which condition. The long-term effects of SARS-CoV-2 infection after recovery are not yet known despite active research into all aspects of the disease. According to some already available data, SARS-CoV-2 is actively involved in the development of endothelial dysfunction. SARS-CoV-2 and cytokines disrupt the function of vascular endothelial cells in the form of stimulating the release of a large number of proaggregants and vasoconstrictors, which leads to endothelial dysfunction and microvascular damage of various localization. Pulmonary arterial hypertension (PAH) should be one of the most anticipated complications, based on the nature of the pathogenesis of COVID-19 endothelial dysfunction. The endothelial dysfunction plays one of the fundamental roles in the pathogenesis of PAH, which ultimately leads to pulmonary vascular remodeling. There is a description of a number of clinical cases of PAH development after suffering a severe form of COVID-19 associated pneumonia. At this stage, we decided to use the existing medical literature to try to answer the question about the likelihood of developing PAH in patients who did not previously have this clinical condition, against the background of a postponed COVID-19 infection of any severity in a delayed period.

Keywords: COVID-19, endothelial dysfunction, pulmonary artery hypertension, pulmonary vascular remodeling, microvascular damage.

Вишнева Елена Михайловна

Врач-кардиолог высшей категории, д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Уральский Государственный Медицинский Университет»; главный врач, ООО «Семейная клиника», г. Екатеринбург
e.m.vishneva@mail.ru

Егорова Екатерина Александровна

Врач УЗИ, ГАУЗ СО ГКБ № 14, г. Екатеринбург
kaat333@mail.ru

Аннотация. Коронавирусное заболевание COVID-19 представляет собой высококонтагиозную инфекцию, широко распространившуюся в мире, этиологическим фактором которой является вирус SARS-CoV-2. Пока неизвестны отсроченные последствия заражения SARS-CoV-2 после выздоровления. SARS-CoV-2 принимает активное участие в развитии эндотелиальной дисфункции, стимулируя выброс большого количества проагрегантов и вазоконстрикторов, что приводит к микрососудистому повреждению различной локализации. Легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) может стать одним из наиболее ожидаемых осложнений COVID-19, поскольку в основе ее патогенеза лежит эндотелиальная дисфункция и ремоделированию сосудов. Имеется описание ряда клинических случаев развития ЛАГ после перенесенной тяжелой формы COVID-19 ассоциированной пневмонии. Представлен обзор имеющейся литературы в попытках поиска ответов на вопрос о вероятности развития ЛАГ на фоне перенесенной COVID-19 инфекции в отсроченном периоде.

Ключевые слова: COVID-19, эндотелиальная дисфункция, легочная артериальная гипертензия, ремоделирование легочных сосудов, микрососудистое повреждение.

Коронавирусное заболевание COVID-19 — это высококонтагиозная инфекция, этиологическим фактором которой является вирус SARS-CoV-2. По данным Всемирной организации здравоохранения, общее число инфицированных составило более 7,1 млн. человек с развитием летального исхода в более чем 400 тыс. случаев (расчетная смертность — 5,7%). Данная инфекция как правило осложняется развитием интерстициальной пневмонии. Люди, имеющие хронические заболевания, более подвержены риску развития тяжелых форм COVID-19 [1, 3].

SARS-CoV-2 принимает активное участие в нарушении функции эндотелия [2, 3]. Эндотелиальные клетки взаимодействуют с тромбоцитами и лейкоцитами, вызывая их адгезию и взаимодействие на участках повреждения сосудов, вызванных воспалением или инфекцией [30]. Эндотелий играет важную роль в регуляции сосудистого тонуса и роста путем синтеза и высвобождения различных вазоактивных веществ, как сосудорасширяющих (таких как NO и простагландины), а также сокращающих факторы, такие как эндотелин и ангиотензин II [15, 16]. Биосинтез NO эндотелиальными клетками яв-

ляется наиболее важным для поддержания сосудистого гомеостаза. Основным источником циркулирующего NO является эндотелиальная синтаза оксида азота-3 (eNOS3), экспрессируемая в эндотелиальных клетках и тромбоцитах [7, 17].

Признаки и симптомы тяжелой инфекции COVID-19 напоминают клинический фенотип эндотелиальной дисфункции, предполагая взаимные патофизиологические пути [9,10]. Опыт работы с предыдущими типами коронавируса вызвал гипотезы о роли эндотелиальной дисфункции в патофизиологии SARS-CoV-2 (в частности тяжелого острого респираторного дистресс-синдрома), которые в настоящее время проходят доклинические и клинические исследования. Эндотелиальная дисфункция рассматривается в настоящее время как общий знаменатель множества клинических аспектов тяжелой инфекции COVID-19 [26]. Одновременно с этим поражение вирусом пневмоцитов II типа вызывает прекращение образования сурфактанта и образование фиброза на альвеолярно-капиллярной мембране [8]. Клетки эндотелия с высокой экспрессией АПФ-2 являются клетками-мишенями COVID-19, что приводит к дисфункции эндотелиальных клеток и микрососудов. Подавление клеточного АПФ-2, опосредованное SARS-CoV-2, приводит к дисфункции РААС [11]. В нормальных условиях печень выделяет ангиотензиноген, который гидролизуется до ангиотензина I ренином (ангиотензиногеназой) из юкстагломерулярных клеток почек. АПФ, продуцируемый в почках и легких, далее превращает ангиотензин I в ангиотензин II, который затем оказывает вазопротекторный эффект [12]. Во время инфекции SARS-CoV-2 интернализация вируса приводит к подавлению клеточного АПФ2. Следовательно, ангиотензин II накапливается и оказывает пагубные сосудистые эффекты [13].

Диффузное альвеолярное и интерстициальное повреждение, воспаление и обширная активация легочных макрофагов способствует легочной внутрисосудистой коагулопатии [14]. Тромбозы различных локализаций, повреждение почек, легочная эмболия, цереброваскулярные и неврологические расстройства усугубляют повреждение микроциркуляторного русла.

Таким образом, учитывая характер повреждения эндотелия вирусом типа SARS-CoV-2, ЛАГ может стать одним из наиболее ожидаемых осложнений.

Ряд гистологических исследований показал, что у пациентов, умерших от COVID-19, наблюдалось утолщение стенок легочных сосудов, что является одним из важных морфологических признаков развития легочной артериальной гипертензии [9]. В то же время, подобные гистологические находки, связанные с ре-

моделированием легочных сосудов, не были обнаружены у пациентов, умерших от SARS-CoV-1 во время вспышки SARS в 2002–2004 годах или из-за инфекции гриппа H1N1, на основании чего некоторые исследователи полагают, что SARS-CoV-2 является еще одним возбудителем, способным вызывать развитие ЛАГ в будущем [8, 28]. Нарушение регуляции легочного иммунного ответа, такое как подавление экспрессии рецептора АПФ-2, а также измененные адаптивные иммунные ответы, являются потенциальными патофизиологическими механизмами развития ЛАГ при COVID-19 [26, 27].

ЛАГ поражает как женщин, так и мужчин любого возраста, при этом повышенное сопротивление легочных сосудов приводит к развитию правожелудочковой недостаточности и смерти. Средняя выживаемость пациентов с ЛАГ составляет 2,8 года с момента постановки диагноза (3-летняя выживаемость: 48%) при отсутствии лечения [5, 31]. Даже при доступных в настоящее время методах лечения только 58–75% пациентов с ЛАГ выживают в течение 3 лет [5].

В патогенезе развития ЛАГ эндотелиальная дисфункция играет одну из основополагающих ролей, приводящей в конечном итоге к ремоделированию сосудов [29, 31]. Современные теории патогенеза легочной гипертензии фокусируются на нарушении баланса между вазоконстриктивными и вазодилатирующими веществами и развитию вазоконстрикции, в результате чего образуется порочный круг, когда повреждение эндотелия неуклонно прогрессирует и приводит к ремоделированию легочных сосудов, нарастанию сосудистой обструкции и облитерации [5, 31].

В основе этих прогрессирующих легочных сосудистых дефектов лежит нарушение трех основных сигнальных путей: оксида азота (NO), простаглицлина (PGI₂) и тромбоксана A₂ (TXA₂), и эндотелина-1 (ET-1) [5, 22]. Все три процесса играют важную роль в процессе ремоделирования сосудов легких.

ET-1 является ключевым медиатором ЛАГ, вызывая патологические изменения в легких, которые приводят к ремоделированию легочных сосудов [6]. Эффекты ET-1 опосредуются двумя подтипами рецепторов ET, ET_A и ET_B, с которыми ET-1 связывается с высоким сродством [6]. Рецепторы ET_A находятся в гладкомышечных клетках, а рецепторы ET_B расположены как в эндотелиальных клетках, так и в гладкомышечных клетках. ET-1, высвобождаемый из эндотелия, действует в основном на лежащие в основе гладкомышечные клетки, вызывая сужение и пролиферацию сосудов. Кроме того, ET-1 действует на фибробласты, вызывая сокращение, пролиферацию и фиброз, а также на сам эндотелий, вы-

зывая пролиферацию, расширение сосудов (через NO и PGI₂) и сужение сосудов (через тромбоксан A₂) [5, 6].

В целом, ЛАГ развивается в результате нарушения вазодилатации на фоне снижения продукции PGI₂ (дисрегуляция циклооксигеназы-2) и функции NO-синтазы (eNOS) с одновременным вазоконстриктивным и митогенным эффектами активированной системы передачи сигналов ET-1 [5].

Однако, рядом клинических специалистов было высказано предположение, что эндотелиальная дисфункция с ее тромботическими последствиями, наблюдаемая в гипервоспалительной фазе COVID-19, не так тяжело протекает у пациентов с ЛАГ [1, 3]. Как ни странно, специализированные центры по лечению пациентов с ЛАГ в районах, сильно пострадавших от пандемии, не наблюдали значительного увеличения количества пациентов с COVID-19 на фоне уже имеющейся ЛАГ, как они ожидали [3]. Причины данного явления изучаются. Было выдвинуто несколько возможных объяснений данного факта. В первую очередь рассматривалась версия, когда механизмы, специфичные для ЛАГ, способны профилактить инфицирование COVID-19. В дополнение к патологическим особенностям эндотелиита при COVID-19 известно, рецептор ангиотензин-превращающего фермента 2 (АПФ-2), как компонент ренин-ангиотензиновой системы, важен не только для проникновения коронавируса в клетки, но и для его репликации [3, 18, 19]. В свою очередь, АПФ-2, который является ключевым для проникновения SARS-CoV-2 в клетки, подавляется при ЛАГ.

Остается неясным, является ли снижение АПФ-2 при ЛАГ защитным фактором от инфицирования SARS-CoV-2, или напротив, может способствовать повреждению легких при болезни COVID-19. Учитывая тенденцию SARS-CoV-2 инфицировать эндотелий, также было высказано предположение, что аномальный эндотелий в ремоделированных артериях пациентов с ЛАГ может ограничивать репликацию вируса и подавлять цитокиновый ответ, вызванный SARS-CoV-2 [3, 20].

С другой стороны, у пациентов с ЛАГ нарушена сердечно-легочная функция, что может увеличить их риск смерти в случае заражения SARS-CoV-2, в связи с чем эксперты опасаются создавать ложное чувство безопасности для этих пациентов [23].

Другая выдвинутая гипотеза заключалась в том, что, возможно, терапия, направленная на лечение ЛАГ, может иметь некоторый защитный эффект против COVID-19 за счет улучшения функции эндотелия. Ряд исследований показал перекрестную связь между эндотелиновой системой и ренин-ангиотензиновой си-

стемой. Фактически, эндотелин-1 может подавлять экспрессию АПФ-2 в эпителиальных клетках легких, тогда как антагонисты рецепторов эндотелина ингибируют вызванное ангиотензином II сужение сосудов и повреждение легких. Другие исследования показали, что ангиотензин ослабляет действие эндотелина-1 на эндотелиальные клетки, в основном на воспаление и рост. Эндотелин-1 активируется при ЛАГ, и антагонисты рецепторов эндотелина, часто используемые для лечения ЛАГ, могут быть полезны при лечении повреждения легких COVID-19 [3, 21].

Но остается открытым вопрос, будет ли развиваться ЛАГ у пациентов, перенесших инфекцию COVID-19 в той или иной форме и не имеющих ее ранее, поскольку предполагается, что SARS-CoV-2 обладает механизмами, которые способствуют патогенезу ЛАГ, и что некоторые люди, инфицированные этим вирусом, становятся восприимчивыми к развитию клинически значимой ЛАГ в будущем.

Имеется описание ряда клинических случаев развития ЛАГ после перенесенной тяжелой формы COVID-19 ассоциированной пневмонии [4, 24, 25].

В качестве примера, при рассмотрении одного клинического случая пациент проделал необычно быстрое развитие легочной гипертензии и правожелудочковой недостаточности после недавней тяжелой пневмонии COVID-19 с синдромом высвобождения цитокинов, которую первоначально успешно лечили метилпреднизолоном и тоцилизумабом [4].

В данной клинической ситуации фигурирует 60-летний пациент, мужчина, с отягощенным сердечно-сосудистым анамнезом в виде инфаркта миокарда и коронарной ангиографии около 7 лет назад, не имевшие в последующем осложнений. Пациент был госпитализирован в отделение интенсивной терапии по поводу тяжелой пневмонии COVID-19 в апреле 2020, находился на ИВЛ с момента поступления. В рамках лечения были назначены цефтриаксон, гидроксихлорохин и низкомолекулярный гепарин в профилактических дозах, поскольку на КТ-ангиографии не было выявлено признаков ТЭЛА. В связи с ассоциированным с COVID-19 пневмонией синдромом высвобождения цитокинов было начато лечение метилпреднизолоном, а затем тоцилизумабом. Пациент был отключен от ИВЛ через несколько дней. В течение 2 недель его выписали в реабилитационный центр на фоне продолжающейся низкотоочной кислородной поддержки.

Через 10 дней после выписки пациент был повторно госпитализирован в отделение интенсивной терапии из-за прогрессирующей одышки и тяжелой гипоксемии,

требующей высокопоточной кислородотерапии. Согласно результатам лабораторных анализов, повторное развитие синдрома высвобождения цитокинов не было зафиксировано (С-реактивный белок 32 мг / л, ферритин 413 мкг/л и D-димер 659 мкг/л). Продолжающееся течение вирусной пневмонии было также исключено (анализ ПЦР SARS-CoV-2 был дважды отрицательным в носоглоточном мазке и бронхоальвеолярной лаважной жидкости). При повторном проведении КТ-ангиографии зафиксировали отсутствие признаков ТЭЛА, однако впервые была выявлено прогрессирующее интерстициальное поражение легких. Признаки декомпенсации сердечной недостаточности и острого коронарного синдрома отсутствовали (включая низкий показатель NT-proBNP и тропонина-T). В первые дни после повторного поступления в отделение интенсивной терапии ухудшилась оксигенация, терапия диуретиками не оказала ожидаемого эффекта. В конце концов, пациент был повторно интубирован. Отрицательный ответ на диуретики и слегка увеличенные зубцы Р на электрокардиографии потребовали дальнейшего кардиологического обследования. При проведении эхокардиографии была подтверждена нормальная функция левого желудочка, наличие клапанных пороков было исключено, но выявлен значительно увеличенный правый желудочек с уплощенной межжелудочковой перегородкой. На основании скорости трикуспидальной регургитации, диаметра и коллапса нижней полой вены, систолическое давление в легочной артерии составило 60–65 мм рт. ст., что указывает на наличие легочной гипертензии [4].

Развитие легочной гипертензии и правожелудочковой недостаточности при отсутствии эмболов на множественных КТ-ангиограммах, скорее всего, было вызвано прогрессирующими паренхиматозными аномалиями

легких в сочетании с микрососудистым поражением легочных артерий. Пациент не относился к группе высокого риска по развитию ЛАГ группы I (идиопатической и наследственной). Кроме того, показания для группы II (из-за заболеваний левых отделов сердца) и группа V ЛГ (из-за неясных или многофакторных механизмов) отсутствовали. Учитывая быстрое проявление симптомов у этого пациента после выздоровления от тяжелой пневмонии COVID-19 может быть вероятной комбинация механизмов ЛАГ III группы (из-за обструктивного или рестриктивного заболевания легких) и IV группы (из-за обструкции легочной артерии). Однако ТЭЛА не была обнаружена при проведении повторной КТ-ангиографии [4].

В данном случае микрососудистое повреждение могло сыграть важную роль в развитии ЛАГ. Ввиду ассоциации COVID-19 с коагулопатией и микрососудистым поражением различной локализации и последующим потенциальным микротромбозом также интерстициальным поражением легких, понимание ЛАГ как осложнения COVID-19 является обоснованным.

Все представленные выше факты указывают на то, что вероятность развития ЛАГ после перенесенной COVID-19 инфекции, достаточно высока. Однако, рутинная диагностика ЛАГ в отсроченном периоде после перенесенной COVID-19 пока не практикуется.

Учитывая имеющиеся на текущий момент материалы, становится понятной необходимость дальнейшего изучения последствий перенесенной инфекции COVID-19, в частности развития легочной артериальной гипертензии, для определения необходимого объема диагностических мероприятий и тактики ведения пациентов в отсроченном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Avellanas Chavala M.L. Pulmonary arterial hypertension and COVID-19 DOI: 10.1016/j.medic.2020.05.006
2. Yuichiro J Suzuki 1, Sofia I Nikolaienko 2, Nataliia V Shults 3, Sergiy G Gychka COVID-19 patients may become predisposed to pulmonary arterial hypertension, Med Hypotheses. 2021 Feb;147:110483. doi: 10.1016/j.mehy.2021.110483. Epub 2021 Jan 6. PMID: 33444904 PMCID: PMC7787059 DOI: 10.1016/j.mehy.2021.110483
3. Samar Farha, Gustavo A. Heresi. COVID-19 and Pulmonary Arterial Hypertension: Early Data and Many Questions. 202008–1014 ED PubMed: 33258672
4. Christel van Dongen. Unusually Rapid Development of Pulmonary Hypertension and Right Ventricular Failure after COVID-19 Pneumonia.
5. Norris S.H. Lan, Benjamin D. Massam, Sandeep S. Kulkarni, and Chim C. Lang. Pulmonary Arterial Hypertension: Pathophysiology and Treatment Diseases. 2018 Jun; 6(2): 38. Published online 2018 May 16. doi: 10.3390/diseases6020038
6. Olivier Sitbon, Nicholas W. Morrell. Pathways in pulmonary arterial hypertension: the future is here. European Respiratory Review 2012 21: 321–327; DOI: 10.1183/09059180.00004812
7. Horn EM, Chakinala M, Oudiz R, Joseloff E, Rosenzweig EB. Could pulmonary arterial hypertension patients be at a lower risk from severe COVID-19? Pulm Circ 2020;10:2045894020922799.
8. Ackermann M, Verleden SE, Kuehnel M, Haverich A, Welte T, Laenger F, et al. Pulmonary vascular endothelialitis, thrombosis, and angiogenesis in covid-19. N Engl J Med 2020;383:120–128.
9. Calabrese F, Pezzuto F, Fortarezza F, Hofman P, Kern I, Panizo A, et al. Pulmonary pathology and COVID-19: lessons from autopsy. The experience of European Pulmonary Pathologists. Virchows Arch 2020;477:359–372.

10. Li W, Moore MJ, Vasilieva N, Sui J, Wong SK, Berne MA, et al. Angiotensin-converting enzyme 2 is a functional receptor for the SARS coronavirus. *Nature* 2003;426:450–454.
11. Zhang J, Dong J, Martin M, He M, Gongol B, Marin TL, et al. AMP-activated protein kinase phosphorylation of angiotensin-converting enzyme 2 in endothelium mitigates pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2018;198:509–520.
12. Kuba K, Imai Y, Rao S, Gao H, Guo F, Guan B, et al. A crucial role of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) in SARS coronavirus-induced lung injury. *Nat Med* 2005;11:875–879.
13. Jia H. Pulmonary angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) and inflammatory lung disease. *Shock* 2016;46:239–248.
14. Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, et al. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet* 2020;395:1417–1418.
15. Zhang H, Li Y, Zeng Y, Wu R, Ou J. Endothelin-1 downregulates angiotensin-converting enzyme-2 expression in human bronchial epithelial cells. *Pharmacology* 2013;91:297–304.
16. Wenzel RR, Rütthemann J, Bruck H, Schäfers RF, Michel MC, Philipp T. Endothelin-A receptor antagonist inhibits angiotensin II and noradrenaline in man. *Br J Clin Pharmacol* 2001;52:151–157.
17. Yusuf H, Montezano AC, Callera GE, Cat AND, Santos RA, Castro CH, et al. Angiotensin 1–7 attenuates endothelin-1-induced endothelial cell inflammation and growth through nitric oxide production and activation of Mas and endothelinB receptors [abstract]. *Hypertension* 2012;60: A258.
18. Chen L, Liu P, Gao H, Sun B, Chao D, Wang F, et al. Inhalation of nitric oxide in the treatment of severe acute respiratory syndrome: a rescue trial in Beijing. *Clin Infect Dis* 2004;39:1531–1535.
19. Keyaerts E, Vijgen L, Chen L, Maes P, Hedenstierna G, Van Ranst M. Inhibition of SARS-coronavirus infection in vitro by S-nitroso-N-acetylpenicillamine, a nitric oxide donor compound. *Int J Infect Dis* 2004;8:223–226.
20. Akerström S, Mousavi-Jazi M, Klingström J, Leijon M, Lundkvist A, Mirazimi A. Nitric oxide inhibits the replication cycle of severe acute respiratory syndrome coronavirus. *J Virol* 2005;79:1966–1969.
21. Zamanian RT, Pollack CV Jr, Gentile MA, Rashid M, Fox JC, Mahaffey KW, et al. Outpatient inhaled nitric oxide in a patient with vasoreactive idiopathic pulmonary arterial hypertension and COVID-19 infection. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;202:130–132.
22. Alvarez RA, Berra L, Gladwin MT. Home nitric oxide therapy for COVID-19. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;202:16–20.
23. Fernandes TM, Papamatheakis DG, Poch DS, Kim NH. Letter to the editor regarding “could pulmonary arterial hypertension patients be at lower risk from severe COVID-19?”. *Pulm Circ* 2020;10:2045894020925761.
24. Archer SL, Sharp WW, Weir EK. Differentiating COVID-19 pneumonia from acute respiratory distress syndrome and high altitude pulmonary edema: therapeutic implications. *Circulation* 2020;142:101–104.
25. Lee JD, Burger CD, Delossantos GB, Grinnan D, Ralph DD, Rayner SG, et al. A survey-based estimate of COVID-19 incidence and outcomes among patients with pulmonary arterial hypertension or chronic thromboembolic pulmonary hypertension and impact on the process of care. *Ann Am Thorac Soc* 2020;17:1576–1582.
26. Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, Mehra MR, Schuepbach RA, Ruschitzka F, Moch H. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet*. 2020;395(10234):1417–1418. doi: 10.1016/S0140–6736(20)30937–5.
27. Steinberg BE, Goldenberg NM, Lee WL. Do viral infections mimic bacterial sepsis? The role of microvascular permeability: a review of mechanisms and methods. *Antivir Res*. 2012;93(1):2–15. doi: 10.1016/j.antiviral.2011.10.01
28. Goeijenbier M, van Wissen M, van de Weg C, Jong E, Gerdes VE, Meijers JC, et al. Review: viral infections and mechanisms of thrombosis and bleeding. *J Med Virol*. 2012;84(10):1680–1696. doi: 10.1002/jmv.23354.
29. Rajendran P, Rengarajan T, Thangavel J, Nishigaki Y, Sakthisekaran D, Sethi G, et al. The vascular endothelium and human diseases. *Int J Biol Sci*. 2013;9(10):1057–1069. doi: 10.7150/ijbs.7502.
30. Michiels C. Endothelial cell functions. *J Cell Physiol*. 2003;196(3):430–443. doi: 10.1002/jcp.10333.
31. Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Авдеев С.Н. Диагностика и лечение легочной гипертензии. Клинические рекомендации, 2013

© Вишнева Елена Михайловна (e.m.vishneva@mail.ru), Егорова Екатерина Александровна (kaat333@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

10.37882/2223–2966.2021.04–2.06

ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ СИСТЕМ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ПОТЕРЕ СЛУХА (ТУГОУХОСТЬ)

Егоров Алексей Игоревич

К.ф.-м.н., Московский физико-технический институт

Глуховский Евгений Михайлович

М.н.с., Московский физико-технический институт
glukh.al@myrambler.ru

COCHLEAR IMPLANTATION SYSTEMS' SETTING UP FEATURES IN PARTIAL HEARING LOSS

**A. Egorov
E. Glukhovskiy**

Summary. Electroacoustic stimulation is a popular therapy for people with hearing loss. These patients have not use hearing aids as traditionally because of strong residual hearing.

The authors have presented the possibilities to preserve the remaining low-frequency hearing in these individuals and to provide a significant improvement in the quality of life by combining a cochlear implant with a hearing aid to amplify sound in the damaged ear. These modifications are especially noticeable when testing noise and speech recognition and identification. It is often overlooked these results can be influenced by the settings of both the cochlear implant and the hearing aid. Four subjects were assessed in this study using EAS for at least 1 month to eight different fitting parameters and at various noise levels in particular. Subjects also rated each condition using a visual analog scale. The results have shown reducing cochlear implant overlap and hearing aid reinforcement gives the best results in all testing conditions. So, the study results made it possible to concluded that the hearing aid should correspond to the modified audiogram of a particular patient, at least until the moment low-frequency hearing would be analyzed. The cochlear implant should be inserted at a higher frequency than the standard implantation system (for patients without residual hearing in the implanted ear). This is necessary to provide less frequency overlap with the gain provided by the hearing aid. Therefore, a small overlap between the frequency bands used by the hearing aid and the cochlear implant is the most effective.

Keywords: electroacoustic stimulation, hearing loss, cochlear implant, audiogram, noise level.

Аннотация. Электроакустическая стимуляция становится все более популярным средством лечения людей с потерей слуха, которые традиционно не пользуются слуховыми аппаратами. У таких пациентов часто слишком сильный остаточный слух, чтобы рассматривать возможность установки кохлеарного имплантата.

Исследования продемонстрировали способность, как сохранить оставшийся низкочастотный слух у этих людей, так и обеспечить значительное улучшение качества жизни за счет комбинации кохлеарного имплантата со слуховым аппаратом для усиления звука в поврежденном ухе. Эти модификации особенно заметны при тестировании распознавания и идентификации шума и речи. Часто упускается из виду, что на эти результаты могут влиять на параметры настройки, как кохлеарного имплантата, так и слухового аппарата. В настоящем исследовании предоставлена оценка четырех субъектов с использованием ЭАС минимум в течение 1 месяца по восьми различным параметрам подбора. Тестирование проводилось при разных уровнях шума. Субъекты также оценивали каждое состояние с помощью визуальной аналоговой шкалы. Результаты показали, что уменьшение перекрытия кохлеарного имплантата и усиления слухового аппарата дает наилучшие результаты в любых условиях тестирования. По результатам проведенного исследования получен вывод, что слуховой аппарат должен соответствовать модифицированной аудиограмме конкретного пациента, по крайней мере, до момента, когда низкочастотный слух не поддается анализу, а кохлеарный имплант должен устанавливаться с более высокой частотой, чем стандартная система имплантации (для пациентов без остаточного слуха в имплантированном ухе). Это необходимо для того, чтобы обеспечить меньшее перекрытие частотных диапазонов с усилением, обеспечиваемым слуховым аппаратом. Следовательно, небольшое перекрытие частотных диапазонов, используемых слуховым аппаратом и кохлеарным имплантатом, оказывается максимально эффективным.

Ключевые слова: электроакустическая стимуляция, тугоухость, кохлеарный имплант, аудиограмма, уровень шума.

Введение

Кохлеарная имплантация — это процесс хирургического внедрения нейропротезного устройства, обеспечивающие изменение восприятия звука для людей со средней и глубокой сенсоневральной потерей слуха. Успех стимуляции средних и высоких частот кохлеарным имплантатом, в некоторой степени, зависит от сохранения низкочастотного слуха во время имплантации. Сохранение остаточного слуха возможно после проведения кохлеарной имплантации. После проведенной процедуры внедрения импланта удается достичь усиления низких частот. Этот эффект особенно заметен при шумовом воздействии [1].

Несмотря на достаточное количество доступной литературы, в которой подробно описываются преимущества электроакустической стимуляции (ЭАС), мало информации о настройке этих устройств.

Процедура установки кохлеарного имплантата

Процедуру установки кохлеарного имплантата можно разделить на три основных этапа: диагностика, операция, реабилитация. Сложнее всего — восстановить слуховых возможностей человека после установки кохлеарного импланта. Этот процесс длительный, обычно занимает два года [2].

Условия звукопоглощения в повседневной жизни сильно отличаются от идеальной звукопроницаемой камеры. Конкурирующий шум окружающей среды часто ухудшает понимание речи, поэтому актуальными становятся исследования в условиях конкурирующего шума, а также — разработка новых стратегии кодирования речи. Эти результаты все еще являются предварительными из-за относительно небольшого числа пациентов и большой внутренней вариативности результатов.

Система кохлеарного имплантата состоит из компонентов имплантата (приемник / стимулятор и ряд электродов) и внешних компонентов (микрофон, речевой процессор). Система принимает акустические сигналы через микрофон в гарнитуре, а акустические параметры обрабатываются в речевом процессоре. Приемник / стимулятор декодирует информацию и преобразует ее в импульсы электростимуляции через ряд электродов внутри улитки. Администрирование психофизиологических тестов, создание, хранение и обработка данных осуществляется через DPS-систему диагностического программирования.

Для установки кохлеарного имплантата необходимы следующие условия:

1. Глухота на оба уха (порог слышимости в обоих ушах должен быть выше 90 дБ).
2. Неспособность различать речь с помощью любого типа слухового аппарата.
3. Отсутствие воспаления в наружном или среднем ухе.
4. Открытость улитки, беспрепятственный доступ к круглому отверстию и адекватная пневматизация антрального отдела сосцевидного отростка, показанная компьютерной томографией или магнитно-резонансной томографией.
5. Нормальное функционирование вестибулокохлеарного нерва, подтвержденное промониторным тестом или электроаудиограммой.
6. Подтверждение психолога нормального психосоматического состояния пациента.

Также рекомендуются придерживаться следующих принципов, которые не являются обязательными, но при их соблюдении, период реабилитации сокращается:

- ◆ глухота развилась после развития речи (постлингвальная глухота);
- ◆ человек не был глухим более 8–13 лет;
- ◆ предпочтительный возраст от 2 до 50–60 лет

Результаты сравнения понимания предложений в тишине и при шуме, показывают, что стратегии спектрально-пиковой (SPEAK) и непрерывно-перемежающейся (CIS) стимуляций показывают результаты выше, чем стратегия кодирования с множеством пиков (MPEAK), основанная на выделении речевых характеристик.

При внутрипредметных сравнениях средние результаты по шуму со стратегией CIS были лучше, чем стратегии MPEAK и SPEAK. Понимание в тишине существенно не различалось между стратегиями CIS и SPEAK и превышали PEAK [4]. Но у небольшого числа испытуемых на результаты все же могут влиять случайные факторы. Некоторые современные имплантаты должны быть достаточно вариабельными, чтобы включать различные стратегии кодирования речи, включая стратегии высокоскоростной стимуляции. Это позволило бы проводить внутрипредметные сравнения, а также оценивать и оптимизировать различные стратегии кодирования речи.

Приемник / стимулятор декодирует информацию и преобразует ее в импульсы электростимуляции через ряд электродов внутри улитки. Во время реабилитации необходимо определять амплитуду стимулирующего импульса для каждого отдельного пациента, т.е. для каждого отдельного канала пациента, поскольку каждый пациент по-разному воспринимает объем и диапа-

зон тонов. Психофизиологические и акустические параметры хранятся в речевом процессоре в виде базы данных. Администрирование психофизиологических тестов, создание, хранение и обработка данных осуществляется через DPS — систему диагностического программирования [5–6].

Материалы и методы исследования

В настоящее исследование были включены четыре пациента (1 женщина, 3 мужчины).

Для участия в клинических испытаниях субъекты должны были иметь нормальный слух или тугоухость (от легкой до умеренной) на низких частотах, склонность к потере слуха на высоких частотах (превышающую или равную 75 дБ на частоте 1000 Гц) и показатели однослухности ниже, чем 45% в лучшем состоянии [7].

Пациенты имели показатель средней дискриминации однослухной 15%, оценка 33% на тестах узнавания предложения в тишине, 18% — на тестах распознавания предложений при шуме. Этиология включала ототоксичность в двух случаях, генетические патологии в одном случае и травму головы — в последнем. Субъект 1 продемонстрировал полное сохранение слуха в 6-месячный интервал между тестами (9 месяцев после операции). Субъекты 2 и 3 показали начальное падение от 15 до 20 дБ в интервале тестирования КИ (1 месяц после операции) с относительно стабильным слухом в дальнейшем. Субъект 4 показал изменения между операцией, установкой кохлеарного имплантата и сеансом установки ЭАС (через 2 месяца после установки КИ и через 3 месяца после операции).

После предоперационного обследования (включая аудиометрию в чистом тоне, речевую аудиометрию) каждому субъекту имплантировали электродную матрицу COMBI 40 Medium от MED-EL GmbH (Инсбрук, Австрия). COMBI 40 M имеет длину контакта 20,9 мм (расстояние между контактами 1,9 мм) и разработан для глубокого введения, покрывающей базальный виток улитки для стимуляции средних и высоких частот, что соответствует концепции ЭАС.

Исследуемым вводился электрод на 18 мм (электрод на 10 мм был помещен в кохлеостому). После операции, каждый пациент был оснащен кохлеарным имплантом, запрограммированным на полный диапазон частот.

Что касается выходных характеристик, доступны пиковое усиление 60 дБ и максимальная выходная мощность 127 дБ (уровень выходного звукового давления для входа 90 дБ).

Слуховой аппарат снижает усиление, когда отсутствуют звуковые колебания. Это было сделано для максимального комфорта усиленных звуков при отсутствии речевой информации [8].

Встроенная система VoiceFinder — это детектор речи, который определяет звуковые колебания, присутствующие только человеческому голосу, и регулирует усиление слухового аппарата в зависимости от характеристик входного сигнала. Когда присутствует речь, обеспечивается полное усиление слухового аппарата. Когда речь отсутствует, слуховой аппарат будет обеспечивать меньшее усиление звука, чтобы обеспечить максимальный комфорт для испытуемого.

Результаты и обсуждения

Комфортные пороги громкости

Кохлеарный имплант можно установить разными способами для достижения оптимальных уровней слышимости. Это исследование было направлено на сравнение различных комбинаций настройки КИ, чтобы определить наиболее эффективную [9].

Параметры подбора кохлеарного имплантата

Для целей данного исследования кохлеарный имплант был запрограммирован двумя разными способами:

1. С использованием «полного» частотного диапазона, который в настоящее время является стандартным для пациентов без остаточного слуха в имплантированном ухе. Диапазон частот — от 200 до 7000 Гц.
2. С использованием частотного диапазона «уменьшенного перекрытия»: запрограммированный частотный диапазон КИ начинается с частоты спада аудиограммы (частота, на которой аудиограмма проходит точку 65 дБ). Эта точка была выбрана на основании того факта, что максимальная потеря слуха, связанная с потерей наружных волосковых клеток, находится в диапазоне от 50 до 65 дБ. Потеря слуха более 85 дБ, вероятно, связана с полной потерей внутренних волосковых клеток («мертвые области»). Эти области наиболее подходят для электростимуляции [10].

Стимуляция слуха методом фитинга

Этот метод в основном следует правилу половинного усиления (порог заданной частоты делится наполовину, чтобы получить прогнозируемое усиление) с регулируемой точкой перегиба. Правило половинного усиления

было сочтено наиболее подходящим обоснованием для ЭАС, поскольку оно допускало наибольшее усиление низких частот. Другие аргументы в пользу подгонки призваны обеспечить меньшее усиление низких частот [11].

Модификация аудиограммы была необходима для обеспечения достаточного усиления для области потери слуха, наиболее требующей акустического усиления в настройке ЭАС — низкочастотного диапазона. Без усиления высоких частот (которые будут стимулироваться кохлеарным имплантатом). Стандартные обоснования подгонки будут автоматически пытаться увеличить усиление высоких частот на неизменной аудиограмме. В ЭАС этого не требуется, так как кохлеарный имплант обеспечивает высокочастотную стимуляцию. Таким образом, это включало ввод низкочастотных пороговых значений слышимости при тестировании и изменение высокочастотных пороговых значений.

Пороги слышимости

Для всех частот с порогом ниже 85 дБ порог 10 дБ вводится в аудиограмму: частоты ниже 85 дБ не усиливались. Эта модификация слухового аппарата является необходимой парадигмой для клинического исследования ЭАС. Для всех частот, на которых не было отклика на уровне 120 дБ, в аудиограмму вводился порог 10 дБ. Таким образом, слуховой аппарат может усилить весь доступный слух в диапазоне низких и средних частот. Таким образом, частотный диапазон, в котором аудиограмма находилась между 85 и 120 дБ, был усилен.

Регулировки усиления и сжатия

В каждом случае регулировались усиление и сжатие. Были использованы коэффициенты усиления и компрессия, предустановленные программой настройки для конкретного уровня потери слуха. При этом использовалось правило половинного усиления [12]. Усиление было увеличено на 6 дБ, а компрессия уменьшена, чтобы обеспечить дополнительный «прирост». Это было основано на полученной информации от испытуемых, где они заявили, что им нужно больше усиления в низкочастотном диапазоне.

Измерения проводились с использованием шума спектра речи (звуковое давление 65 дБ). Реальная реакция окклюзии уха измерялась с выключенным слуховым аппаратом в ухе [13].

Настройка РП, ориентированные на шумовую обстановку

Одним из преимуществ, которое можно измерить количественно, является улучшение разборчивости

речи в тишине и в шуме с использованием программ настройки РП.

У реципиентов кохлеарных имплантатов есть два варианта двусторонней стимуляции: использование кохлеарного имплантата в одно ухо и слуховой аппарат в неимплантированном ухе (бимодальный слух) или использование кохлеарного имплантата в каждое ухо (двусторонние кохлеарные имплантаты). Двусторонние кохлеарные имплантаты становятся все более распространенными, но не могут панацеей для устранения проблем со слухом или рекомендованы для всех взрослых реципиентов [14].

В этих случаях использование слухового аппарата в неимплантированном ухе может быть оправданным. Кохлеарный имплант обеспечивает электрическую стимуляцию, в то время как слуховой аппарат обеспечивает акустическую стимуляцию. Тип обработки сигналов и способ программирования устройства могут влиять на работу человека со слуховыми аппаратами и кохлеарными имплантатами. Таким образом, важно тщательно контролировать и понимать, в какой степени обработка сигналов и процедуры настройки влияют на производительность бимодальных пользователей.

Результаты исследования показали улучшение распознавания речи в шуме и локализации звука в бимодальном режиме по сравнению с одним кохлеарным имплантатом. Типичные методы распознавания речи оценивают разборчивость одного голоса, пространственное положение которого статично и предсказуемо в условиях шума. Это отличается от реальных жизненных ситуаций, в которых слушателей просят определить местонахождение, идентифицировать, обратить внимание и переключиться между раздражителями [13–14].

Задачи распознавания речи и локализации были уникальны тем, что использовался речевой стимул, представленный из множества перемещающихся азимутов. Участники были в тишине на расстоянии 1,5 м от громкоговорителя. Динамик был установлен фронтально.

Для тестирования распознавания речи и локализации участники находились в центре массива из 15 громкоговорителей, расположенных на горизонтальной дуге с радиусом 140 градусов (137 см). Этот параметр был выбран с учетом расположения ушей человека ростом 168 см [15].

Стандартная система (программное обеспечение, блок интерфейса и компьютер) использовалась для программирования речевых процессоров КИ до начала исследования. Аудиометр GSI 16, соединенный с на-

ушниками TDH-50P, использовался для тестирования чистого тона и автономного увеличения громкости.

Масштабирование порога и громкости без посторонней помощи производилось с помощью импульсных (1500 мсек вкл / выкл.) Чистых тонов с частотой 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 и 8000 Гц и фоновым шумовым воздействием. Импульсные тоны использовались для облегчения различения звука, особенно при наличии шума в ушах, и для контроля длительности сигнала. Мягкий фильтр применялся к уровню 55 дБ; средний фильтр, до уровня 65 дБ; и громкий фильтр до уровня 75 дБ [16].

Частота модуляции — 10 Гц. Односекундные сегменты широкополосного речевого лепета (речитатив отдельных отрывков) четырех говорящих использовались для получения оценок роста громкости. Для проверки распознавания речи и локализации использовались недавно записанные списки слов согласный-гласный-ядро-согласный. Уровень звукового давления стимулов звукового поля измерялся с помощью микрофона и шумомера. Каждый из динамиков был откалиброван независимо. Выход громкоговорителя был отрегулирован так, чтобы уровень звукового давления, измеренный в положении головы участника, находился в пределах 1 дБ для каждого из 10 громкоговорителей. Также была завершена проверка линейности каждого динамика (30–80 дБ).

Периодичность настройки СКИ

Саморегулирующаяся имплантируемая система кохлеарного имплантата является устройством и способом объективного определения выбранных психофизических параметров, таких как порог стимуляции, уровень комфорта и разрешение громкости [17].

В процессе регулировки был использован рефлекс среднего уха для определения минимального порогового значения, а затем — вызванные потенциалы для определения более точного порогового значения, тем самым обнуляя желаемый порог. Такой метод обнуления предпочтительно выполняется с использованием имплантированной схемы (например, включенной в структурную часть КИ), в которой имплантированная схема использует имплантированный электрод среднего уха и кохлеарный электрод вместе с соответствующей схемой фильтрации усиления и обработки, чтобы соответственно определить реакцию рефлекса среднего уха и вызванные потенциалы [18].

Измерение межэлектродной проводимости

У пациентов с кохлеарным имплантатом большая часть эффективности зависит от передачи стимули-

рующих сигналов от электрода к слуховому нерву. Важным аспектом конструкции электрода является электрический импеданс, который зависит от площади поверхности электрода, морфологических процессов и электрохимических процессов, инициированных электростимуляцией.

Определение местоположения электрода будет возможно с помощью компьютерной томографии высокого разрешения (КТВР), что позволит измерить расстояние до важных ориентиров в улитке, таких как модиолус. Также — изучить возможные отношения между электрическим импедансом и электрически потенциалом действия соединения, измеренным с помощью телеметрии нейронного отклика. Полученные данные в настоящее время применяются в различных методах речевых процессоров [19].

Рабочий диапазон проводимости

Устройство было активировано с помощью программного обеспечения системы диагностики и программирования на базе ОС Windows. Стимулы состояли из двухфазных импульсов тока, представленных на уровне 100 клинических единиц тока, что составляет примерно 76 А, и длительностью импульса 25 с/фазу.

В процессе исследования использовалась модифицированная версия протокола, описанного Abbas et al. [20]. Режим стимуляции был монополярным с использованием дополнительного улиткового электрода сравнения. Прогресс маскера, который представляет собой интервал маскера-зонд, был зафиксирован на 500 с.

Коэффициент усиления был установлен на 60 дБ, но был уменьшен до 40 дБ в случаях насыщения усилителя. Количество разверток — 100, тогда как в классическом варианте их было 50. Длительность импульса — 25 с на фазу [21]. Диапазон значений — от 1 до 255 единиц тока (от 10 А до 1,75 мА).

Электроды (22 единицы), выбранные для записи, находились на два положения выше стимулирующего электрода. Таким образом, для каждого пациента мы выбрали второй электрод N + 2 от стимулирующего электрода N в апикальном направлении. Исключение было сделано для электродов 21 и 22, у которых записывающие электроды были 19 и 20 соответственно [22].

В нашем исследовании MPR проводился параллельно базальному витку улитки и перпендикулярно модиолусу и, следовательно, в плоскости массива электродов. Ширина окна и уровень окна регулировались до тех пор, пока не стали визуализироваться как ткани улитки, так и отдельные электроды. После анализа ис-

ходных данных расстояние от апикальных электродов до модиолуса визуализировать не удалось. Однако расстояние до электродов, расположенных ближе к основанию, можно было точно оценить [23].

В общем, около половины всех вставленных электродов можно было идентифицировать отдельно (диапазон 8–14). Из-за невозможности анализа более апикальной части массива было решено ограничить наше исследование данными электродов 1, 4 и 7, поскольку эти электроды можно было четко различить у всех пациентов. Более того, возможные различия между электрофизиологическими параметрами предположительно становятся более очевидными при большем межэлектродном расстоянии [24].

Обращается внимание, что у всех пациентов отчетливо видно уменьшение расстояния между электродами. Во-вторых, исследовалась взаимосвязь между положением электрода и КИ. Электроды короткого замыкания или разомкнутой цепи не измерялись. У пациента 3 не удалось получить записи на исследуемых электродах, так как хирургическую процедуру пришлось сократить по анестезиологическим причинам. Была обнаружена корреляция между электродами с вероятностью 96% с использованием ранговой корреляции Кендалла.

Настройка чувствительности микрофонов

Процессоры кохлеарных имплантатов должны быть соответствующим образом запрограммированы и адаптированы для реципиента. Доступны несколько электрических параметров. Их совокупность называют MAP. После первоначального включения или активации процессора обычно требуется несколько сеансов настройки. Большинство корректировок MAP происходит в течение этих первых нескольких месяцев, пока уровни станут относительно стабильными [25].

Если определяется только минимальный уровень, это делается либо поведенчески (56%), либо с помощью интраоперационных или послеоперационных пороговых значений (44%). За мерами послеоперационных пороговых значений в большинстве случаев следует поведенческая проверка и корректировка при необходимости.

Большинство центров (78%) определяют минимальные уровни только на нескольких электродах и интерполируют полученные значения на другие электроды. Затем максимальные уровни устанавливаются через один или несколько интервалов выше минимальных уровней, и большинство центров (67%) выполняют некоторую форму балансировки громкости перед вклю-

чением микрофона. Один центр (Лейден) использует предустановленный профиль максимальных уровней, который расположен выше определенных минимальных уровней.

Определение только максимального уровня ограничено имплантатами Med-El и AB, где минимальный уровень затем устанавливается на 0 или 10% от максимального уровня. Максимальный уровень определяется либо поведенчески (71%), либо с помощью объективных мер (послеоперационные пороговые значения в 29%, который сочетается с или заменяется электрически вызванными порогами стремного рефлекса в 14%).

Часто определяют как минимальный, так и максимальный уровни, чаще всего — поведенчески. Выполняется балансировка громкости (62%). Как правило, если максимальные уровни измеряются, а не выводятся из минимальных уровней, эти уровни перед включением микрофона уменьшают. Сразу после переключения в режим реального времени в 93% увеличивают или уменьшают максимальные уровни в зависимости от восприятия получателя, а иногда (45%) также сдвигают минимальные уровни [25].

Настройка других параметров MAP

Параметры MAP, кроме минимального и максимального уровней, изменяются редко. Деактивация электродов — одно из наиболее распространенных действий, эту манипуляцию проводят в 10–15%. Наиболее частая причина отключения электродов — аномальные импедансы, которые, как сообщается, возникают «иногда». Электроды также отключаются по другим причинам, например, когда есть указание на экстракохлеарное расположение, если они вызывают неслышную стимуляцию, дискомфортное восприятие или если они не слышны, если максимальные уровни исключительно высоки, или если тонотопические тесты, такие как рейтинг высоты тона, канал разделения или спектральная дискриминация дают неожиданные результаты. Сообщается, что таких ситуаций почти никогда не бывает. Электроды практически никогда не отключаются на основании оценки громкости или объективных мер [25].

Выводы

Системы кохлеарной имплантации — сложные многокомпонентные системы, позволяющие улучшить качество жизни людей, страдающих тугоухостью. Но использование подобных систем требуют тщательной настройки и дополнительных испытаний с целью обеспечения комфорта в использовании. Отдельного внимания заслуживают настройки порогов громкости

и комфортного восприятия даже с разной степенью потери слуха.

Благодарности

Данная статья подготовлена при проведении НИ-ОКТР по теме «Разработка технологии изготовления

и постановка на производство импортозамещающей многофункциональной системы кохлеарной имплантации для реабилитации пациентов с сенсоневральной тугоухостью» на базе «Лаборатории медицинского приборостроения» МФТИ. Финансовая поддержка осуществлялась Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blamey P.J. Factors predicting postoperative sentence scores in postlinguistically deaf adult cochlear implant patients / P.J. Blamey, B.C. Pyman, M. Gordon [et al.] // *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1992. — Vol. 101, Iss. 4, P. 342–348, doi: <https://doi.org/10.1177/000348949210100410>.
2. Finley C.C., Wilson B.S., White M.W. Models of neural responsiveness to electrical stimulation. In *Cochlear implants*. New York, Springer, 1990. — P. 55–96.
3. Shepherd R.K. Electrical stimulation of the auditory nerve: the effect of electrode position on neural excitation / R.K. Shepherd, S. Hatsushika, G.M. Clark // *Hear Res*, 1993. — Vol. 66, Iss. 1, P. 108–120, doi: [10.1016/0378-5955\(93\)90265-3](https://doi.org/10.1016/0378-5955(93)90265-3)
4. Reefhuis J. Risk of bacterial meningitis in children with cochlear implants / J. Reefhuis, M.A. Honein, C.G. Whitney [et al.] // *New England Journal of Medicine*, 2003. — Vol. 349, Iss. 5, P. 435–445, doi: [10.1056/NEJMoa031101](https://doi.org/10.1056/NEJMoa031101).
5. Verbist B.M. Multisection CT as a valuable tool in the postoperative assessment of cochlear implant patients / B.M. Verbist, J.H. Frijns, J. Geleijns, M.A. van Buchem. *AJNR // Am J Neuroradiol*, 2005. — Vol. 26, Iss. 2, P. 424–429.
6. Bettman R.H. Electrode insertion depth in cochlear implantees estimated during surgery, on plain Wlm radiographs and with electrode function testing / R.H. Bettman, A.F. Van Olphen, F.W. Zonneveld, E.H. Huizing // *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2013. — Vol. 260, Iss. 10, P. 536–540. doi: [10.1007/s00405-003-0593-z](https://doi.org/10.1007/s00405-003-0593-z).
7. Xu J. Cochlear view: postoperative radiography for cochlear implantation / J. Xu, S.A. Xu, L.T. Cohen, G.M. Clark // *Am J Otol*, 2000. — Vol. 21, Iss. 1, P. 49–56.
8. Valvassori G.A. Imaging of the temporal bone. In Mafee MF, *Imaging of the head and neck*. Ed. by G.E. Valvassori, M. Becker. 2-nd ed. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 2015. — P. 145–171.
9. Ketten D.R. In vivo measures of cochlear length and insertion depth of nucleus cochlear implant electrode arrays / D.R. Ketten, M.W. Skinner, G. Wang, M.W. Vannier, G.A. Gates, J.G. Neely // *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 1998. — Vol. 175, P. 175.
10. Whiting B.R. Cochlear implants: three-dimensional localization by means of coregistration of CT and conventional radiographs / B.R. Whiting, K.T. Bae, M.W. Skinner // *Radiology*, 2001. — Vol. 221, Iss. 2, P. 543–549, doi: [10.1148/radiol.2212010275](https://doi.org/10.1148/radiol.2212010275)
11. van Wermeskerken G.K. Intracochlear assessment of electrode position after cochlear implant surgery by means of multislice computer tomography / G.K. van Wermeskerken, M. Prokop, A.F. Van Olphen, F.W. Albers // *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2019. — Vol. 264, Iss. 12, P. 1405–1407, doi: [10.1007/s00405-007-0389-7](https://doi.org/10.1007/s00405-007-0389-7).
12. Lai W.K. Results from a pilot study using the nucleus CI24 M/SP5 cochlear implant system / W.K. Lai, N. Dillier, R. Laszig, U. Fisch // *Am J Otol*, 1997. — Vol. 18, Iss. 6 (Suppl), P. S.35–S36.
13. Brown C.J. The relationship between EAP and EABR thresholds and levels used to program the nucleus 24 speech processor: data from adults / C.J. Brown, M.L. Hughes, B. Luk, P.J. Abbas, A. Wolaver, J. Gervais // *Ear Hear*, 2015. — Vol. 21, Iss. 2, P. 151–163, doi: [10.1097/00003446-200004000-00009](https://doi.org/10.1097/00003446-200004000-00009) see comments
14. Seyle K. Speech perception using maps based on neural response telemetry measures / K. Seyle, C.J. Brown // *Ear Hear*, 2017. — Vol. 23, Iss. 1 (Suppl), P. 725–795, doi: [10.1097/00003446-200202001-00009](https://doi.org/10.1097/00003446-200202001-00009)
15. Smoorenburg G.F. Speech perception in nucleus CI24 M cochlear implant users with processor settings based on electrically evoked compound action potential thresholds / G.F. Smoorenburg, C. Willeboer, J.E. van Dijk // *Audiol Neurootol*, 2002. — Vol. 7, Iss. 6, P. 335–347, doi: [10.1159/000066154](https://doi.org/10.1159/000066154)
16. Thai-Van H. Relationship between NRT measurements and behavioral levels in children with the Nucleus 24 cochlear implant may change over time: preliminary report / H. Thai-Van, J.M. Chanal, C. Coudert, E. Veuillet, E. Truy, L. Collet // *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2001. — Vol. 58, Iss. 2, P. 153–162, doi: [10.1016/S0165-5876\(01\)00426-8](https://doi.org/10.1016/S0165-5876(01)00426-8).
17. Van Wermeskerken G.K. A comparison of intra- versus post-operatively acquired electrically evoked compound action potentials / G.K. Van Wermeskerken, A.F. Van Olphen, G.A. van Zanten // *Int J Audiol*, 2016. — Vol. 45, Iss. 10, P. 589–594, doi: [10.1080/14992020600833189](https://doi.org/10.1080/14992020600833189).
18. Abbas P.J. Summary of results using the nucleus CI24 M implant to record the electrically evoked compound action potential / P.J. Abbas, C.J. Brown, J.K. Shalloo [et al.] // *Ear Hear*, 2015. — Vol. 20, Iss. 1, P. 45–59, doi: [10.1097/00003446-199902000-00005](https://doi.org/10.1097/00003446-199902000-00005).
19. Wessa P. Free statistics software, oYce for research development and education. Version 1.1.22-r6. [Computer program]. Available <http://www.wessa.net> (Access 20.10.2020).
20. Richter B. Cochlear structures after implantation of a perimodiolar electrode array / B. Richter, K. Jaekel, V.A. Aschendor, N. Marangos, R. Laszig // *Laryngoscope*, 2001. — Vol. 111, Iss. 5, P. 837–843, doi: [10.1097/00005537-200105000-00015](https://doi.org/10.1097/00005537-200105000-00015)
21. van Wermeskerken G.K. Intra- and postoperative electrode impedance of the straight and Contour arrays of the Nucleus 24 cochlear implant: relation to T and C levels / G.K. van Wermeskerken, A.F. van Olphen, G.F. Smoorenburg // *Int J Audiol*, 2016. — Vol. 45, Iss. 9, P. 537–544, doi: [10.1080/14992020600825466](https://doi.org/10.1080/14992020600825466).

22. Frijns J.H.M. Optimizing the number of electrodes with high-rate stimulation of the clarion CII cochlear implant / J.H.M. Frijns, W.M.C. Klop, R.M. Bonnet, J.J. Briare // *Acta OtoLaryngologica*, 2003. — Vol. 123, Iss. 2, P. 138–142, doi: <https://doi.org/10.1080/0036554021000028126>.
23. Cafarelli Dees D. Normative findings of electrically evoked compound action potential measurements using the neural response telemetry of the nucleus CI24M cochlear implant system / D. Cafarelli Dees, N. Dillier, W.K. Lai [et al.] // *Audiology and Neurotology*, 2015. — Vol. 10, Iss. 2, P. 105–116, 2005, doi: <https://doi.org/10.1159/000083366>.
24. Spivak L.G. Programming the cochlear implant based on electrical acoustic reflex thresholds: patient performance / L.G. Spivak, P.M. Chute, A.L. Popp, S.C. Parisier // *Laryngoscope*, 1994. — Vol. 104, Iss. 10, P. 1225–1230, doi: <https://doi.org/10.1288/00005537-199410000-00007>.
25. Govaerts P.J. Auditory speech sounds evaluation (AS E): a new test to assess detection, discrimination and identification in hearing impairment / P.J. Govaerts, K. Daemers, M. Yperman, C. De Beukelaer, G. De Saegher, G. De Ceulaer // *Cochlear Implants International*, 2006. — Vol. 7, Iss. 2, P. 92–106, doi: <https://doi.org/10.1179/146701006807508106>.

© Егоров Алексей Игоревич, Глуховский Евгений Михайлович (glukh.al@mygambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский физико-технический институт

10.37882/2223–2966.2021.04–2.07

КОХЛЕАРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ У НОВОРОЖДЕННЫХ: СЛОЖНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ

SYSTEMS OF THE COCHLEAR IMPLANTATION IN NEWBORNS: DIFFICULTIES AND FEATURES

**A. Egorov
E. Glukhovskiy**

Summary. Hearing loss in each reason cause is always an irreparable loss. It is also an interdiction for adequate socialization and the full development of the talents of a child. Hearing is not only a sensory component of the human body but a trigger mechanism for the development of communication abilities, so, socialization of a person.

Nowadays the cochlear implantation method is the only way to rehabilitate people with hearing loss, and children with deep sensorineural hearing loss. So, it becomes an integrating mechanism into socially and active life.

Setting up a cochlear implant is an important and integral part of the rehabilitation for people with hearing impairments. But in infants, it is not possible to adjust the implants using subjective methods. So, the purpose of the presented research was to study objective options for adjusting a cochlear implant in children under 2 years of age. The presented principles may also be applied to patients without contact in or in the case of comorbidities present in the anamnesis. The authors have assessed the stapedial reflex due to achieve the maximum comfort level for the patient have been stimulated with a cochlear implant. The manuscript also discusses the procedure for measuring auditory reflexes, as well as conducting telemetry of the neural response and the principles of direct measurement of neural responses generated by auditory nerve fibers.

Keywords: cochlear implant, stapedial reflex, neural response telemetry, ECAP.

Егоров Алексей Игоревич

К.ф.-м.н., Московский физико-технический институт

Глуховский Евгений Михайлович

*М.н.с., Московский физико-технический институт
glukh.al@myrambler.ru*

Аннотация. Потеря слуха по тем или иным причинам всегда невозможная утрата, а в отношении ребёнка — это ещё и табу на адекватную социализацию и полноценное развитие талантов ребенка. Слух — это не только сенсорная составляющая функционирования человеческого организма, это пусковой механизм развития коммуникационных способностей, а значит социализации человека в обществе.

На сегодняшний день метод кохлеарной имплантации — это единственный способ реабилитации людей, столкнувшихся с потерей слуха, в частности детей с глубокой нейросенсорной тугоухостью, а значит — интеграции их в социально активную жизнь.

Настройка кохлеарного импланта — важный и неотъемлемый этап реабилитации людей с нарушениями слуховой функции. Но у младенцев проведение настройки имплантов с помощью субъективных методов невозможно. Именно поэтому целью нашей работы стало исследование объективных вариантов настройки кохлеарного импланта у детей до 2 лет. Эти принципы могут также быть применимыми к пациентам, не идущим на контакт, либо же имеющим в анамнезе ряд сопутствующих заболеваний. В статье авторами проведена оценка стапедального рефлекса с целью достижения максимального уровня комфорта для пациента при стимуляции кохлеарным имплантом. Также в статье рассмотрена процедура измерения слуховых рефлексов, а также — проведение телеметрии нервного ответа и принципы прямого измерения нейронных реакций, генерируемых слуховыми нервными волокнами.

Ключевые слова: кохлеарный имплант, стапедальный рефлекс, телеметрия нервного ответа, ECAP.

Вступление

Потеря слуха — наиболее частая сенсорная депривация. Стоимость лечения глухоты до момента приобретения ребенком речевых и языковых способностей (примерно до 3 лет), в США превышает 1 миллион долларов на ребенка [1]. Число больных с нарушением слуха в Российской Федерации превышает 13 млн. человек, более 1 млн. — дети. Врожденная тугоухость может быть вызвана наследственными, ненаследственными генетическими факторами, осложнениями во время беременности и родов. Наиболее

распространенные причины потери слуха — это краснуха, сифилис, аномалии развития внутреннего уха; низкая масса тела при рождении; асфиксия в родах; медикаментозная интоксикация ототоксическими препаратами во время беременности; тяжелая желтуха в неонатальном периоде, ведущая к поражению слухового нерва новорожденного [2]. Разделяют кондуктивную и нейросенсорную потерю слуха. Кондуктивная потеря слуха возникает в результате заболеваний наружного слухового прохода и среднего уха. Нейросенсорная тугоухость возникает во внутреннем ухе или вдоль акустических нервных путей [3].

На сегодняшний день метод кохлеарной имплантации (КИ) является единственным эффективным способом реабилитации людей с глубокой нейросенсорной тугоухостью. Проведённая операция в раннем возрасте способствует не только приобретению слуховой функции, но и формированию речи [4]. Таким образом, кохлеарная имплантация — это, возможно, единственный шанс для глухого малыша максимально приблизиться к нормально слышащим сверстникам [5].

Важность раннего имплантирования

Проведение имплантации в возрасте от 6 до 18 мес. обеспечивает начало формирования речи от 1 до 4 мес. после активации устройства [7]. Ранний доступ к звуку через кохлеарный имплантат максимизирует навыки слушания и усвоения языка глухими младенцами в возрасте до 12 месяцев. Частота серьезных и незначительных осложнений сопоставима с исследованиями у взрослых и детей старшего возраста [8–9]. Напротив, глухие дети, которые получили кохлеарный имплант после 7 лет, обычно не могут полноценно овладеть разговорным языком: длительные периоды глухоты приводят к морфологическим изменениям в слуховых областях мозга [10]. Несмотря на очевидные преимущества раннего имплантирования, на практике часто возникает ряд сложностей: позднее выявление потери слуха, медленную оценку степени глухоты, задержки со стороны родителей, осложнения при раннем хирургическом вмешательстве, отсутствие возмещения расходов на медицинское страхование [6, 11]. Ребенку может быть назначена кохлеарная имплантация, если у него:

- ◆ Двусторонняя сенсоневральная потеря слуха с порогами слуха на частотах 500–4000 Гц более 90 дБ;
- ◆ Пороги слуха в оптимально подобранном слуховом аппарате более 50 дБ, разборчивость односложных слов менее 20%;
- ◆ Нет противопоказаний к проведению операции под общим наркозом.
- ◆ Нет психических и грубых неврологических нарушений, затрудняющих использование КИ и проведение слухоречевой реабилитации;
- ◆ Есть возможность регулярно заниматься с сурдопедагогом и родителями после операции.

Принципы работы кохлеарных имплантов

Кохлеарные импланты (КИ) — это класс нервных протезов, которые могут выполнять роль волосковых клетки улитки, преобразующих механическую энергию в электрические сигналы. Внутреннее устройство

кохлеарного имплантата состоит из матрицы внутрикохлеарных электродов и электронного блока, который включает в себя катушку для передачи данных, трансмиссию, генератор импульсов тока и приемник данных. Внешнее устройство кохлеарного имплантата состоит из микрофона для приема звуковых сигналов, сигнального процессора для обработки данных и передающей катушки [12–13].

Сначала звуки воспринимаются микрофоном, затем сигнал от микрофона поступает к речевому процессору. Речевой процессор преобразует звуки в закодированный сигнал, который состоит из последовательности электрических импульсов, который, в свою очередь, передается по кабелю в передатчик и далее в виде радиосигналов через кожу головы к приемнику под кожей. Имплантированный приемник декодирует сигнал и посылает его в виде электрических сигналов на электроды в улитке. Слабые электрические сигналы, передаваемые электродами, стимулируют слуховой нерв. В ответ слуховой нерв передает нервные импульсы мозгу, который воспринимает их как звуки и речь.

Анестезия при проведении кохлеарной имплантации

Выбор метода анестезии может оказывать влияние на результаты интраоперационного тестирования КИ: чем выше уровень седации пациента, тем меньше средние значения промежуточных точек при регистрации ESRT на различных порогах. Поэтому ряд авторов делают акцент на том, что тестирование КИ нужно проводить на фоне мозговой активности пациента, максимально соответствующей физиологической (показатели BIS-индекса выше 70). Идеальная анестезиологическая техника для имплантации та, которая обеспечивает хорошие условия хирургам и не влияет на измеряемые вызванные слуховые ответы, к примеру, инфузия фентанила и пропофола с кислородом и закисью азота [14–15].

Правильность постановки импланта

Для наилучшего результата КИ крайне важно оптимальное размещение электродов. Внутрикохлеарная локализация электродов оказывает значительное влияние на распознавание речи и хирургический исход. Следует отметить, что частота неправильного интраоперационного позиционирования электродов достигает 17–33%. Послеоперационная оценка электродной решетки, позволяющая подтвердить правильное положения электрода, может быть выполнена с помощью рентгенографии, но остается вопрос диагностирования патологий анатомии внутреннего уха. Это может быть решено с помощью компьютерной томографии [16].

Настройка процессора

Контроль качества настроек процессора системы КИ проводится с использованием объективных и субъективных методов. Объективные методы — это регистрация данных без использования ответа ребенка: телеметрия нервного ответа, регистрация стапедиального рефлекса и коротколатентные стволовые потенциалы в ответ на электрическую стимуляцию. К субъективным методам относят детекцию реакции на звук, категоризацию звуков по громкости, аудиометрию в свободном звуковом поле. Только благодаря совместным усилиям специалиста по настройке, педагога и близких ребенка удастся правильно настроить параметры речевого процессора и научить ребенка слушать с помощью кохлеарного импланта, а впоследствии — говорить.

В связи с тем, что проведение субъективных методов у младенцев невозможно, **целью нашей работы** является исследование объективных вариантов настройки кохлеарного импланта у детей до 2 лет.

Результаты и обсуждение

Стапедиальный рефлекс (eSR)

Хорошо известна корреляция порога стапедиального рефлекса и максимального уровня комфорта для понимания речи. Измерения порога стремени рефлекс, вызванного электрическим током, во время операции могут дать приблизительную информацию, что поможет в начальной настройке речевого процессора кохлеарного имплантата [17].

Одним из наиболее важных шагов для хорошей работы пользователя с КИ является активация и программирование, нацеленные на определение динамического диапазона: между величиной тока (порог для электрического раздражителя) и максимальной интенсивностью электрического раздражения, не вызывающей дискомфорта у пациента (С-уровень). Использование объективных показателей в процессе адаптации КИ способствовало определению динамического диапазона, что показывает хорошую корреляцию с послеоперационными уровнями С и могут обеспечить адекватную помощь в настройке речевого процессора устройства. К тому же, использование данных объективных тестов, как в случае ESRT, делает программирование и отображение электродов КИ более быстрыми и безопасными [18].

Стапедиальный рефлекс — это нормальный вегетативный защитный рефлекс, который защищает ухо от громкого шума. Он состоит из полисинаптической нейронной организации, включающей слуховой нерв

в качестве афферентной конечности, а также эфферентный двигательный нейрон, проходящий по лицевому нерву к стремени мышце. Чтобы предотвратить чрезмерную стимуляцию, измеренные во время операции рефлексы стремени могут быть использованы в качестве маркера уровня дискомфорта пациента.

У людей с нормальным слухом стапедиальный рефлекс запускается при уровне звукового давления от 70 до 90 дБ SPL и приводит к сокращению стремени и последующему движению сухожилия стремени. Во время КИ стапедиальный рефлекс запускается принудительно. Движение сухожилия визуализируется под хирургическим микроскопом. Предварительные попытки измерить eSR и определить порог электрически вызванного рефлекса стремени eSRT во время операции выполняется с помощью тимпанометрии контралатеральной стороны и с использованием записей электромиографии стремени. Однако результаты тимпанометрии зависят от морфологии и патологии среднего уха и обычно не воспроизводятся. Кроме того, могут возникнуть трудности с правильным позиционированием зонда в наружном слуховом проходе. Следовательно, этот метод может непропорционально увеличить время операции и вызвать дополнительную хирургическую травму. Использование мер eSRT для установки процессора кохлеарного имплантата является не только более объективным методом, но также является безопасной процедурой для детей и может улучшить распознавание речи [19, 20, 25].

eSRT — это объективная мера, аналогичная пороговым значениям акустического рефлекса, при котором статическая проводимость слухового прохода (а точнее сокращение стремительной мышцы) отслеживается в ответ на различное количество входного звука, поступающего через КИ. Но приблизительно у 20–30% пациентов eSRT невозможно измерить. Отсутствию eSRT способствует повреждение стремени во время операции [26–27], аномальные тимпаногаммы у пациента, поражение лицевого нерва, неспособность сидеть на месте или непереносимость уровня стимулирующего тона, необходимого для записи ответа. Следует отметить, согласно опросу практикующих сурдологов, eSRT редко используется [28]. И этому есть ряд объяснений.

eSRT: оборудование, установка и процедура

eSRT измеряется путем мониторинга изменений статической проводимости слухового прохода, что может указывать на усиление жесткости цепи слуховых косточек в ответ на электрическую стимуляцию. При записи eSRT основным требованием является использование длинного окна записи с целью отслеживания изменения статической проводимости в течение стимуляции.

Таким образом, клинически сокращение стременной мышцы можно контролировать с помощью теста евстахиевой трубы.

Для измерения eSRT необходимы внешние компоненты КИ (звуковой процессор, кабель), компьютер с программным обеспечением производителя КИ, кабели для программирования КИ, мост иммитанса с протоколом распада рефлекса. Если иммитансный мост должен соединяться с компьютером, дополнительно понадобятся кабели, программное обеспечение производителя иммитансного моста, наконечник зонда моста в соответствии с размером уха.

Звуковой процессор КИ будет размещен на пациенте, а звуковой процессор — на ухе или теле в зависимости от стиля звукового процессора. Регистрирующий зонд, прикрепленный к мосту иммитанса, вставляется в ухо пациента. Пороги акустического рефлекса могут различаться примерно на 5 дБ между ипсилатеральными и контралатеральными измерениями. Независимо от размещения датчика, ипсилатерального или контралатерального, протокол распада рефлекса на иммитансном мосту должен быть настроен на контралатеральный ответ. В ухо помещается только корпус датчика. Клиницист может выбрать мониторинг проводников слухового прохода на самом иммитансном мостике, если таковой имеется. Одним из преимуществ записей eSRT является то, что измерения могут и должны быть получены с использованием тех же параметров стимула в программном обеспечении КИ, которые будут использоваться для поведенческих исследований. Записи eSRT могут быть получены с использованием специфической для канала стимуляции (например, представление тональной посылки с использованием двухфазных импульсов) или для групп электродов (например, стимулы речевой вспышки), в зависимости от производителя устройства. Способность вызывать eSRT с тем же стимулом, который используется для поведенческой оценки громкости, может быть одной из причин их высокого согласия с поведенческой оценкой громкости.

Необходимым условием для измерения акустических рефлексов является нормально функционирующая система среднего уха. Соответственно, подвижность среднего уха должна быть оценена с помощью тимпанограммы до начала измерения eSRT. Поскольку записи eSRT являются мерой изменения статической проводимости слухового прохода, она чувствительна к движениям пациента: во время процедуры пациент должен оставаться неподвижным и спокойным. Тест eSRT / угасание рефлекса позволит клиницисту использовать иммитансный мост для наблюдения за изменениями статической проводимости слухового прохода.

Чтобы наблюдать это изменение статической проводимости, запись в иммитансный мост должен быть запущена до инициирования стимула в программном обеспечении КИ. Необходимо соблюдать стабильную базовую проводимость всё окно записи. Стабильная базовая линия необходима как эталон для оценки отклонения статической проводимости. Отклонение, представляющее реакцию eSRT, будет отклонением от базовой линии, визуализируемым либо на самом мосту иммитанса, либо в программном обеспечении моста иммитанса, которое привязано по времени к началу и смещению электрической стимуляции, предусмотренной в программном обеспечении производителя КИ.

Важно отметить, что стабильная базовая линия (относительно плоская статическая проводимость) может не опускаться до 0 мл в окне записи. Изменения текущего уровня слуховой системы достигаются посредством манипуляций в программном обеспечении КИ. Другими словами, синхронизированное по времени отклонение eSRT должно изменяться по амплитуде относительно изменений уровня стимуляции в программном обеспечении КИ. Таким образом, увеличение уровня стимуляции в программном обеспечении КИ должно приводить к увеличению амплитуды отклонения eSRT; уменьшение уровня стимуляции в программном обеспечении КИ должно приводить к уменьшению амплитуды отклонения eSRT. Учитывая взаимосвязь между eSRT и поведенчески измеренными уровнями, разумный уровень представления для начала измерения ESRT будет на комфортном уровне стимулирующего электрода пациента [29].

Уровень стимуляции в программном обеспечении КИ на пороге (отклонение 0,02 на иммитансном мосту) будет регистрироваться для стимулирующего электрода. Одинаковая громкость может быть воспринята, когда верхние уровни стимуляции отражают показатели eSRT. Специфичное для электродов программирование верхних уровней стимуляции приводит к улучшению результатов у пользователей КИ.

Применение ESRT к программированию КИ

Уровни ESRT могут помочь в установлении верхних уровней электрического динамического диапазона. Люди с потерей слуха могут испытывать трудности с оценкой громкости или описанием сигнала, который они получают от своего имплантата. В этих случаях они приходят на помощь измерение уровней eSRT. Так же, измерения eSRT могут использоваться в качестве перекрестной проверки поведенческих оценок громкости. Использование комбинации eSRT и поведенческих мер может быть особенно полезно при программировании

детей или трудных для тестирования пациентов [30]. Однако, eSRT не может быть измерен для людей со стимуляцией лицевого нерва или неврологическими нарушениями. Таким образом, аудиолог должен руководствоваться своим клиническим суждением и вносить соответствующие изменения в каждом конкретном случае [21].

Телеметрия нервного ответа

Среди объективных методов, которые могут быть использованы в программировании речевых процессоров КИ, самым важным является определение порога электрически вызванного потенциала действия (ЭПД) слухового нерва методом телеметрии нервного ответа (ТНО). Уже более 10 лет метод ТНО обеспечивает прямой доступ к регистрации ЭПД и является предметом интереса многих ученых и клиницистов во всем мире. Пороги ТНО определяются двумя способами: визуально и путем экстраполяции данных при регистрации функции зависимости амплитуды ответа ТНО от уровня стимуляции. Выявлена достоверная корреляция профиля ЭПД с профилями ТНО, что позволяет в настоящее время активно использовать эти данные в клинической работе, в особенности в случаях имплантации у детей раннего возраста [22].

Другой метод — это электрически вызванный составной потенциал действия (ЕСАР), измеряемый через устройство после размещения. Хотя ЕСАР изначально использовался для помощи в программировании (он коррелирует с порогами обнаружения и в некоторой степени поведенческими реакциями), он также может предоставить информацию о размещении электродов. В общем, ЕСАР оценивает реакцию слуховой системы пациента на электрическую стимуляцию после введения электрода КИ. Наличие нормальных ответов позволяет хирургу быть уверенным, что все электроды находятся в улитке и функционируют. Он также может предоставить информацию о нефункционирующих электродах или неисправности устройства во время операции, может помочь с начальной активацией устройства, предоставляя пороговые значения для первоначального создания МАР. Это особенно полезно для работы с новорожденными.

Связь между интраоперационной ТНО и послеоперационными результатами для реципиентов кохлеарных имплантатов сохраняется. Большинство хирургов используют интраоперационную ТНО для детской кохлеарной имплантации в качестве дополнительной меры (для обеспечения правильного размещения электродов и во многих случаях улучшения начальной активации устройства). Интраоперационная ТНО может служить удобным, быстрым способом, если маркер

размещения электродов внутри улитки и функционального устройства несовершенно [23].

Программирование детей с кохлеарными имплантатами — это непрерывный постепенный процесс, на который влияют когнитивные способности ребенка, предшествующий слуховой опыт и способность сотрудничать во время длительных сеансов. Следует отметить, что карты детей, которые не могут быть подготовлены к игровой аудиометрии, должны периодически проверяться до тех пор, пока надежные пороги и некоторая шкала громкости не будут получены. Порог ЕСАР используется чаще всего для настройки речевого процессора, особенно у детей с ограниченным слуховым опытом. [24].

Электрически вызванный составной потенциал действия

Электрически вызванный составной потенциал действия (eCAP) представляет собой синхронизированный ответ группой электрически активируемых волокон слухового нерва. Современные КИ включают в себя возможность «обратной» телеметрии, которая позволяет записывать eCAP в ближнем поле с помощью интракохлеарных электродов. eCAP предлагает ряд преимуществ. Во-первых, для измерения у пациентов с КИ не требуется дополнительное оборудование, специальное программное обеспечение или внешний записывающий электрод. Во-вторых, требует минимального сотрудничества со стороны пациента и не зависит от состояния возбуждения, что является важным преимуществом при работе с детьми. ЕСАР — это прямое измерение нейронных реакций, генерируемых слуховыми нервными волокнами, что делает возможным оценивать исключительно физиологическое состояние слухового нерва [31–33].

Принцип работы ЕСАР

ЕСАР, записанный с использованием интраулиткового электрода у людей, использующих КИ, обычно имеет двухфазную морфологию и состоит из одного отрицательного пика (N1) в пределах временного окна 0,2–0,4 мс после начала стимула и положительного пика (P2), возникающего в районе 0,6–0,8 мс. На этот однопиковый eCAP приходится более 80% всех измеримых eCAP. Так же, существуют eCAP с двумя положительными пиками (P1 и P2) — «двойной пик» или «нервный ответ типа II». Для этого типа ответа eCAP P1 обычно происходит около 0,4–0,5 мс, а P2 — около 0,6–0,7 мс. Частота ответа типа II составляет около 10–20%. Различия в задержке между этими двумя пиками могут отражать время распространения спаек по дендриту или по телу спиральных ганглиозных клеток. Амплитуда eCAP может дости-

гать 1–2 мВ, благодаря чему сохраняется относительно устойчивость к загрязнению и миогенной активности. Особенно ценно, что морфологические характеристики eCAP практически не меняются по мере увеличения продолжительности использования КИ. Но амплитуда eCAP может возрастать по мере увеличения уровня стимуляции. Скорость увеличения можно количественно оценить по наклону функции ввода-вывода eCAP. Кроме того, eCAP, записанные на апикальных электродах, как правило, имеют большую амплитуду, чем записанные на базальных электродах при одинаковом уровне стимуляции или громкости. По мере увеличения расстояния между стимулирующими и перекодирующими электродами задержка eCAP может уменьшаться из-за потенциальных изменений в месте инициирования потенциала действия [34–39].

По сравнению с нормальными слушателями у пользователей КИ ухудшается спектральное разрешение. Электрический ток, подаваемый каждым электродом КИ, создает электрическое поле, которое стимулирует окружающую нервную ткань. Электрические поля, создаваемые разными электродами, обычно перекрываются друг с другом, что приводит к взаимодействию каналов. Отсутствие межволоконной независимости уменьшает количество «эффективных спектральных каналов» многоканального КИ, что ста-

вит под угрозу восприятие речи имплантированным пациентам [40–43].

Выводы

Настройка речевого процессора у детей до 2 лет может происходить с помощью только объективных методов. eSRT — полезный инструмент для настройки импланта. Включение измерений eSRT, как части протокола программирования КИ, может помочь аудиологам удовлетворить растущие потребности в создании более эффективных методов программирования КИ, повысить уверенность точности программирования и создать индивидуальные оптимальные параметры имплантируемого устройства.

Благодарности

Данная статья подготовлена при проведении НИ-ОКТР по теме «Разработка технологии изготовления и постановка на производство импортозамещающей многофункциональной системы кохлеарной имплантации для реабилитации пациентов с сенсоневральной тугоухостью» на базе «Лаборатории медицинского приборостроения» МФТИ. Финансовая поддержка осуществлялась Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Semenov Y.R. Age-Dependent Cost-Utility of Pediatric Cochlear Implantation / Y.R. Semenov, S.T. Yeh, M. Seshamani [et al.] // *Ear and Hearing*, 2013. — Vol. 34, Iss. 4, P. 402–412, doi:10.1097/aud.0b013e3182772c66
2. Кузовков В.Е. Приобретенная патология внутреннего уха как фактор, осложняющий хирургический этап кохлеарной имплантации / В.Е. Кузовков, А.С. Лиленко, С.Б. Сугарова, И.В. Костевич // *Consilium Medicum*, 2018. — Т. 20, № 3, С. 80–84.
3. Brand Y. Cochlear implantation in children and adults in Switzerland / Y. Brand, P. Senn, M. Kompis [et al.] // *Swiss Med Wkly*, 2014. — Vol. 144, P. w13909, doi:10.4414/smw.2014.13909
4. Королёва И.В. Кохлеарная имплантация у детей младшего возраста / И.В. Королёва, О.С. Жукова, О.В. Зонтова // *Новости оториноларингологии и логопатологии*, 2002. — № 1, С. 12–24.
5. Семенова К.О. Кохлеарная имплантация как средство помощи глухим детям / К.О. Семенова // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2016. — Т. 7, № 1, С. 38–42.
6. Исламбекова З.И. Кохлеарный имплант и его отличие от слухового аппарата / З.И. Исламбекова, Ш. Тахирова // *Современное образование (Узбекистан)*, 2015. — № 12, С. 74–79.
7. Schauwers K. Cochlear implantation between 5 and 20 months of age: the onset of babbling and the audiologic outcome / K. Schauwers, S. Gillis, K. Daemers, C. De Beukelaer, P. Govaerts // *J Otol Neurotol*, 2004. — Vol. 25, Iss. 3, P. 263–270.
8. Miyamoto R.T. Cochlear implantation in infants below 12 months of age / R.T. Miyamoto, B. Colson, S. Henning, D. Pisoni // *World Journal of Otorhinolaryngology. Head and Neck Surgery*, 2017. — Vol. 3, Iss. 4, P. 214–218, doi: 10.1016/j.wjorl.2017.12.001.
9. Roland J.T. Cochlear implantation in the very young child: Long-term safety and efficacy / J.T. Roland, M. Cosetti, K.H. Wang, S. Immerman, S.B. Waltzman // *The Laryngoscope*, 2009. — Vol. 119, Iss. 11, P. 2205–2210, doi: 10.1002/lary.20489.
10. Colletti L. Infants versus older children fitted with cochlear implants: Performance over 10 years / L. Colletti, M. Mandalà, L. Zocante, R.V. Shannon, V. Colletti // *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2011. — Vol. 75, Iss. 4, P. 504–509, doi: 10.1016/j.ijporl.2011.01.005
11. Lester E.B. Barriers to the early cochlear implantation of deaf children E.B. Lester, J.D. Dawson, B.J. Gantz [et al.] // *Otol Neurotol*, 2011. — Vol. 32, P. 406–412.
12. Gwon T.M. A Polymer Cochlear Electrode Array: Atraumatic Deep Insertion, Tripolar Stimulation, and Long-Term Reliability. Springer, 2018. — 152 p., doi: <https://doi.org/1007/978-981-13-0472-9>.

13. Орлова О.С. Совершенствование медико-педагогической реабилитации глухих детей после кохлеарной имплантации посредством настройки речевого процессора // О.С. Орлова, О.В. Зонтова // Специальное образование, 201). — № 2, Т. 50, С. 74–85.
14. Jana J.J. Effect of total intravenous anaesthesia on intraoperative monitoring of cochlear implant function in paediatric patients / J.J. Jana, N. Vaid, J. Shanbhag // Cochlear Implants Int, 2013. — Vol. 14, Iss. 3, P. 169–173, doi: 10.1179/1754762812Y.0000000012.
15. Калугина М.С. Анестезиологическое обеспечение кохлеарных имплантаций у педиатрических пациентов / М.С. Калугина, А.Е. Александров, Е.А. Алексеева, Ю.Ю. Русецкий // Детская хирургия, 2018. — № 22, Т. 4, С. 188–192.
16. Al Omari A. Accuracy of intraoperative electrophysiological testing in confirming correct cochlear implant electrode positions / A. Al Omari, A. Nuseir, M.B. Ata, L. Khasawneh, A. Alhowary, F. Alzoubi // Cochlear Implants International, 2019. — Vol. 20.6, P. 324–330, doi: 10.1080/14670100.2019.1656904.
17. Pau H.W. How reliable is visual assessment of the electrically elicited stapedius reflex threshold during cochlear implant surgery, compared with tympanometry? / H.W. Pau, K. Ehrh, T. Just, U. Sievert, R. Dahl // J Laryngol Otol, 2011. — Vol. 125, Iss. 3, P. 271–273, doi:10.1017/S0022215110002392.
18. de Andrade K.C.L. The Value of Electrically Evoked Stapedius Reflex in Determining the Maximum Comfort Level of a Cochlear Implant / K.C.L. de Andrade, L.F. Muniz, P.L. [et al.] // J Am Acad Audiol, 2018. — Vol. 29, Iss. 4, P. 292–299, doi: 10.3766/jaaa.16117.
19. Weiss N.M. Automated detection of electrically evoked stapedius reflexes (eSR) during cochlear implantation / N.M. Weiss, A. Óvári, T. Oberhoffner [et al.] // Eur Arch Otorhinolaryngol, 2020. — 2020, P. 1–7, doi: <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06226-x>.
20. Bergeron F. Comparison of eSRTs and comfort levels in users of Digisonic SP cochlear implants / F. Bergeron, M. Hotton // Cochlear Implants International, 2014. — Vol. 16, Iss. 2, P. 110–114, doi 10.1179/1754762814Y.0000000092.
21. Messersmith J. Electrically Evoked Stapedial Reflex Threshold: A Procedure / J. Messersmith, L. Entwisle, A. Stout // Perspectives of the ASHA Special Interest Groups, 2018. — Vol. 3, Iss. 9, P. 4–12, doi. 10.1044/persp3.SIG9.4.
22. Бахшинян В.В. Современные тенденции и перспективы применения метода телеметрии нервного ответа в реабилитации пациентов после кохлеарной имплантации / В.В. Бахшинян // Вестник оториноларингологии, 2014. — № 2, С. 21–25.
23. Almosnino G. Use of Neural Response Telemetry for Pediatric Cochlear Implants: Current Practice G. Almosnino, S. Anne, S.R. Schwartz // Ann Otol Rhinol Laryngol, 2018. — Vol. 127, Iss. 6, P. 367–372, doi: 10.1177/0003489418767692.
24. Telmesani L.M. Electrically evoked compound action potential (ECAP) in cochlear implant children: Changes in auditory nerve response in first year of cochlear implant use / L.M. Telmesani, N.M. Said // Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2016. — Vol. 82, P. 28–33, doi:10.1016/j.ijporl.2015.12.027.
25. Weiss B.G. Objective Method to Determine the Electrically Evoked Stapedius Reflex Threshold During Cochlea Implantation / B.G. Weiss, F. Söchting, M. Bertlich [et al.] // An Otol Neurotol, 2018. — Vol. 39, Iss. 1, P. e5–e11, doi:10.1097/MAO.0000000000001611.
26. Wolfe J. Optimizations for the Electrically-Evoked Stapedial Reflex Threshold Measurement in Cochlear Implant Recipients / J. Wolfe, M. Gilbert, E. Schafer [et al.] // Ear Hear, 2017. — Vol. 38, Iss. 2, P. 255–261, doi: 10.1097/AUD.0000000000000390.
27. Walkowiak A. Evoked stapedius reflex and compound action potential thresholds versus most comfortable loudness level: assessment of their relation for charge-based fitting strategies in implant users / A. Walkowiak, A. Lorens, M. Polak [et al.] // ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec, 2011. — Vol. 73, Iss. 4, P. 189–195, doi:10.1159/000326892.
28. Hemmingson C. Cochlear Implant Practice Patterns: The U.S. Trends with Pediatric Patients / C. Hemmingson, J.J. Messersmith // J Am Acad Audiol, 2018. — Vol. 29, Iss. 8, P. 722–733, doi:10.3766/jaaa.17011.
29. Plant K. Evaluation of streamlined programming procedures for the Nucleus cochlear implant with the Contour electrode array / K. Plant, M.A. Law, L. Whitford [et al.] // Ear Hear, 2005. — Vol. 26, Iss. 6, P. 651–668, doi: 10.1097/01.aud.0000188201.86799.01.
30. Andrade K.C. The importance of electrically evoked stapedial reflex in cochlear implant / K.C. Andrade, C. Leal Mde, L.F. Muniz, L. [et al.] // Braz J Otorhinolaryngol, 2014. — Vol. 80, Iss. 1, P. 68–77, doi: 10.5935/1808-8694.20140014
31. He S. The Electrically Evoked Compound Action Potential: From Laboratory to Clinic / S. He, H.F.B. Teagle, C.A. Buchman // Front Neurosci, 2017. — Vol. 11, P. 339, doi: 10.3389/fnins.2017.00339.
32. Kim J.R. The relationship between electrically evoked compound action potential and speech perception: a study in cochlear implant users with short electrode array / J.R. Kim, P.J. Abbas, C.J. Brown [et al.] // Otol Neurotol, 2010. — Vol. 31, Iss. 7, P. 1041–1048, doi: 10.1097/MAO.0b013e3181ec1d92.
33. Garadat S.N. Using temporal modulation sensitivity to select stimulation sites for processor MAPs in cochlear implant listeners / S.N. Garadat, T.A. Zwolan, B.E. Pfungst // Audiol Neurootol, 2013. — Vol. 18, Iss. 4, P. 247–260, doi: 10.1159/000351302.
34. Cafarelli Dees D. Normative findings of electrically evoked compound action potential measurements using the neural response telemetry of the Nucleus CI24M cochlear implant system D. Cafarelli Dees, N. Dillier, W.K. Lai [et al.] // Audiol Neurootol, 2005. — Vol. 10, P. 105–116, doi: 10.1159/000083366.
35. Van de Heyning P. Electrically evoked compound action potentials are different depending on the site of cochlear stimulation / P. Van de Heyning, S.L. Arauz, M. Atlas [et al.] // Cochlear Implants Int, 2016. — Vol. 17, P. 251–262, doi: 10.1080/14670100.2016.1240427
36. Lai W.K. A simple two-component model of the electrically evoked compound action potential in the human cochlea / W.K. Lai, N. Dillier // Audiol Neurootol, 2000. — Vol. 5, P. 333–345, doi: 10.1159/000013899.
37. Kashio A. Exploring the source of neural response of different latencies obtained from different recording electrodes in cochlear implant users / A. Kashio, V.D. Tejani, R.A. Schepelerle, C.J. Brown, P.J. Abbas // Audiol Neurootol, 2016. — Vol. 21, P. 141–149, doi: 10.1159/00044739.
38. Baudhuin J.L. A comparison of alternating polarity and forward masking artifact-reduction methods to resolve the electrically evoked compound action potentials / J.L. Baudhuin, M.L. Hughes, J.L. Goehring // Ear Hear, 2016. — Vol. 4, P. 247–255, doi: 10.1097/AUD.0000000000000288.
39. Undurraga J.A. Polarity effects on neural responses of the electrically stimulated auditory nerve at different cochlear sites / J.A. Undurraga, A. van Wieringen, R.P. Carlyon, O. Macherey, J. Wouters // Hear Res, 2010. — Vol. 269, P. 146–161, doi: 10.1016/j.heares.2010.06.017.

40. Winn, M. B., and Litovsky, R. Y. (2015). Using speech sounds to test functional spectral resolution in listeners with cochlear implants. *J. Acoust. Soc. Am.* 137, 1430–1442. doi: 10.1121/1.4908308
41. Winn M.B. Assessment of spectral and temporal resolution in cochlear implant users using psychoacoustic discrimination and speech cue categorization / M.B. Winn, J.H. Won, I.J. Moon // *Ear Hear*, 2016. — Vol. 37, P. e377–e390, doi: 10.1097/AUD.0000000000000328.
42. Jones G.L. Relationship between channel interaction and spectral-ripple discrimination in cochlear implant users / G.L. Jones, J.H. Won, W.R. Drennan, J.T. Rubinstein // *J Acoust Soc Am*, 2013. — Vol. 133, P. 425–433, doi: 10.1121/1.4768881.
43. Noble J.H. Image-guidance enables new methods for customizing cochlear implant stimulation strategies / J.H. Noble, R.F. Labadie, R.H. Gifford, B.M. Dawant // *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2013. — Vol. 21, P. 820–829, doi: 10.1109/TNSRE.2013.2253333.

© Егоров Алексей Игоревич, Глуховский Евгений Михайлович (glukh.al@mygambler.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский физико-технический институт

10.37882/2223–2966.2021.04–2.08

ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМ ХИРУРГИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ С РАЗРАБОТКОЙ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

STUDY OF THE PROBLEMS OF SURGICAL DENTISTRY WITH THE DEVELOPMENT OF METHODS FOR DIAGNOSTICS AND TREATMENT OF DISEASES OF THE MAXILLOFACIAL REGION

N. Kamneva

Summary. The results of the study, the study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for the diagnosis and treatment of diseases of the maxillofacial region, are discussed. G.R. Derzhavin, Tambov. for the period from 2019 to 2021 based on the data obtained in the course of a dental study, the study of the study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for the diagnosis and treatment of diseases of the maxillofacial region lies in the fact that the practical significance of the study lies in the fact that its theoretical provisions and the empirical results obtained can be used by dentists for further practice of surgical dentistry. The relevance of the research study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for the diagnosis and treatment of diseases of the maxillofacial region, are studied on the basis of the medical institute T.G.U. named after G.R. Derzhavin in modern society is a very important study. Thus, many aspects of the study of dentistry have found their place in the dental problematics, revealing a private and special research study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for the diagnosis and treatment of diseases of the maxillofacial region. It can be concluded that the study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for the diagnosis and treatment of diseases of the maxillofacial region, for a long time the research methods in their full meaning have not been studied.

Keywords: study of the problems of surgical dentistry with the development of methods for the diagnosis and treatment of diseases of the maxillofacial region.

Камнева Нина Анатольевна

Врач-стоматолог, к.псх.н., доцент, Тамбовский
государственный университет им. Г.Р. Державина,
г. Тамбов
ni_kamneva@mail.ru

Аннотация. Обсуждаются результаты исследования изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области, в опытно-экспериментальное исследование проводилось на кафедры стоматологии Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, г. Тамбова за период с 2019 по 2021 гг. на основании данных, полученных в ходе стоматологического исследования изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области заключается в том, что практическая значимость исследования заключается, что его теоретические положения и полученные эмпирические результаты могут использоваться врачами — стоматологами для дальнейшей практике хирургической стоматологии.

Актуальность исследования изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области, изучаются на базе медицинского института Т.Г.У. им Г.Р. Державина в современном обществе очень важное исследование.

Таким образом, многие аспекты исследования стоматологии нашли свое место в стоматологической проблематики, раскрывая частное и особенное исследования изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области.

Можно сделать вывод о исследования изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области, долгое время не были изучены методы исследования в полном его значении.

Ключевые слова: изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области.

Изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области, они характеризуются многообразием клинических форм и, в то же время, схожестью некоторых симптомов, кроме того, клинические проявления большей части изучение проблем хирургической стоматологии с раз-

работкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области, затрудняет их дифференциальную диагностику.

Рассмотрим историю развитие практической, научной и учебной основ хирургической стоматологии, изучение проблем хирургической стоматологии с раз-

Таблица 1

№ п/п	Название шкалы	Интерпретация
1	Основоположниками хирургической стоматологии в СССР были московский стоматолог А.И. Евдокимов	положивший начало клинико-анатомическому направлению исследований в этом разделе, и челюстно-лицевые хирурги
2	А.Э. Рауэр (Москва) и А.А. Лимберг (Ленинград), а также московские хирурги Н.М. Михельсон и Ф.М. Хитров	положивший начало пластической хирургии
3	Д.А. Энтин ленинградский стоматолог	положивший начало военной челюстно-лицевой хирургии
4	Профессор Г.А. Васильев, заведующий кафедрой пропедевтики хирургической стоматологии ММСИ им. Н.А. Семашко (1955–1972)	изучая причины одонтогенных воспалительных заболеваний верхнечелюстной пазухи, разработал патогистологическую характеристику одонтогенных гайморитов, для лечения которых было предложено использование протеолитических ферментов, закрытие перфораций дна гайморовой полости и др
5	А.А. Лимберг, А.Э. Рауэр, А.И. Евдокимов, П.П. Львов, Н.М. Михельсон, В.М. Уваров, Д.А. Энтин, И.Г. Лукомский, Г.А. Васильев, Л.А. Кьяндский, И.А. Бегельман	в предвоенный период разработке основных положений травматологии и восстановительной хирургии челюстно-лицевой области посвятили свои труды изучая причины основных положений травматологии и восстановительной хирургии челюстно-лицевой области
6	Н.М. Михельсона	впервые опубликованной «Пластические операции на лице» в 1943–1946 г. книга, содержащая результаты научных исследований и описание новых, оригинальных методов хирургических операций, получивших широкое применение в практике
7	Профессор А.И. Евдокимов и (Г.А. Васильев, В.Ф. Рудько, В.И. Заусаев)	проделали большую работу по восстановительному лечению инвалидов войны, среди которых значительное место занимали инвалиды, имевшие тяжелые повреждения зубочелюстной системы
8	А.И. Евдокимов, А.А. Кьяндский, А.А. Лимберг, М.В. Мухин, В.Ф. Рудько	ученые обосновали показания к ранней и отсроченной костной пластике нижней челюсти
9	Ф.М. Хитровым (1903–1986)	первые операции по устранению врожденных уродств лица были проведены
10	Н.Н. Бажанов, Н.А. Плотников, В.Ф. Чистякова	которые разрабатывали различные вопросы хирургической стоматологии: замещение резерцированной части нижней челюсти при адентиноммах
11	М.В. Костылев	применение эпидермальных кожных лоскутов
12	В.И. Кулаженко, М.В. Мухин	положивший начало применению пластмасс в (ч.х.л)
13	В.М. Месина (1971; ЦНИИ Стоматологии)	провела исследование «Врожденные расщелины неба (этиология, клиника, лечение)», в котором как возможный этиологический фактор в генезе расщелин верхней губы и неба она выделила вирус краснухи и предложила вакцинацию женщин детородного возраста, разработала методы диагностики и лечения больных с расщелинами неба
14	В 1969–1990 гг. профессором В.А. Дунаевским	изучения патогенеза и совершенствования методов лечения воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области, было совершенствование методов диагностики, комплексного лечения и реабилитации больных с опухолями челюстно-лицевой области
15	Профессор Е.С. Малевич	научные исследования были направлены на изучение и лечение доброкачественных и злокачественных новообразований лица и органов полости рта
16	В.М. Антоневица (1885)	была диссертация «О реплантации и трансплантации зубов»
17	Доктор медицины, приват-доцент Н.Н. Знаменский (1856–1915)	одним из первых врачей, кто начал заниматься имплантологией
18	В.Г. Елисева и Э.Я. Вареса	второй этап развития имплантологии в России связан с этими именами которые, изучая асептическое воспаление от введения в подкожную соединительную ткань стерильных целлюлоидиновых трубочек, заметили, что соединительная ткань, врастая в отверстия трубочек, обрастает ее по окружности и, превращаясь в рубцовую соединительную ткань, плотно удерживает трубочку на протяжении жизни животного. Выяснилось, что соединительная ткань, вросшая в каналы пластмассового имплантата, может замещаться костной тканью.

Таблица 1 (продолжение)

№ п/п	Название шкалы	Интерпретация
19	С.П. Чепулиса, О.П. Сурова, А.С. Черникиса (1983 г)	третий этап развития имплантологии 1983 г. благодаря хорошим результатам применения титановых имплантатов в Москве была открыта экспериментальная лаборатория зубной имплантации и протезирования
20	А.И. Матвеевой (1986 г)	четвертый этап развития имплантологии «О мерах по внедрению в практику метода ортопедического лечения с использованием имплантатов»
21	А.С. Черникис, В.А. Воробьев, Б.П. Марков, В.В. Лось, Э.Г. Амрахов, И.В. Балуда, С.П. Чепулис, М.З. Миргазизов, Т.Г. Робустова, В.Н. Олесова, А.А. Кулаков	отечественной имплантологии в 80–90-х гг. XX в. врачи были первыми разработчиками отечественных имплантатов в форме корня зуба
22	М.З. Миргазизов с 1993 г по 2001 г.— профессор кафедры клинической стоматологии и имплантологии Института повышения квалификации Федерального управления «Медбио-экстрем» МЗ РФ.	официально была организована секция дентальной имплантации при Стоматологической ассоциации России
23	А.И. Матвеева, В.Н. Олесова, В.В. Трофимов	в Москве, Омске и Самаре были защищены первые докторские диссертации, в том же году было налажено производство имплантатов, которые имеют винтовые конструкции как для одноэтапной, так и для двухэтапной операции

работкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области в России таблицу 1.

Медицина стоматологического периода наблюдалось развитие практической, научной и учебной основ хирургической стоматологии, усовершенствование подготовки специалистов, этому способствовали организация отделений хирургической стоматологии в стоматологических амбулаториях и поликлиниках, открытие специализированных стоматологических стационаров.

Проблема гнойной хирургии челюстно-лицевой области, постоянно находясь в центре внимания стоматологов, требовала и требует знаний микробиологии, фармакологии, физиотерапии и других дисциплин, и решение ее возможно только комплексными методами [5].

Тематика исследований значительно расширялась, появились новые развитие восстановительной хирургии челюстно-лицевой области при врожденных уродствах лица как самостоятельной дисциплины началось в середине 70-х гг [1].

Большой вклад в развитие в 1994 г. в ММСИ была организована кафедра хирургической стоматологии и имплантологии (заведующий профессор С.Ю. Иванов) изучение клинико-теоретических вопросов и полученные положительные результаты при использовании плоских имплантатов нашли место в публикациях В.М. Безрукова, А.И. Матвеевой, А.А. Кулакова, А.И. Ушакова, С.Ю. Иванова [11]. Преимуществом

плоских имплантатов является возможность протезировать пациента через 3–4 недели после хирургического вмешательства [8]. Это обстоятельство определило широкое распространение плоских имплантатов в России с 1998 г. стали широко применять плоские отечественные имплантаты «ВНИИМТ», «Конмет» в настоящее время исследования ученых направлены на разработку показаний и противопоказаний к применению имплантов, развитие материаловедения, профилактику осложнений [3].

Хирургическая стоматология — клиническая дисциплина, изучающая заболевания органов полости рта и челюстей, при которых в амбулаторном комплексном лечении основным методом служит оперативное вмешательство [11].

Хирургическая стоматология тесно связана с другими стоматологическими дисциплинами — челюстно-лицевой хирургией, терапией, ортопедией, ортодонтией, стоматологией детского возраста [2]. Эта связь обусловлена анатомо-топографическим и физиологическим единством органов полости рта, челюстно-лицевой области и развивающихся в них патологических процессов [1]. Комплексное лечение стоматологических заболеваний нередко требует участия стоматологов всех специальностей [11].

Проблема совершенствования профилактики и, лечения воспалительных заболеваний является; одной из наиболее актуальных в хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. С другой стороны, увеличивается количество атипично развивающихся,

вялотекущих воспалительных заболеваний со склонностью к хронизации и рецидивированию, что, несомненно, сопровождается увеличением количества местных и общих осложнений, порой весьма серьезных и требующих сложного, многоэтапного, длительного, дорогостоящего лечения [4,5,6,9,10].

Также, немаловажной особенностью; профилактики и лечения воспалительных процессов полости рта является, отсутствие четких данных о возможных этиологических факторах, способных приводить к развитию воспаления. Прежде всего, следует обратить; внимание, что, большинство пациентов» с хирургической

стоматологической патологией имеют сопутствующую патологию, как следствие нарушение иммунной защиты. Нарушения иммунитета может приводить к неэффективности, как профилактического назначения традиционных антибиотиков, так и быть причиной возникновения инфекционно-воспалительных осложнений [1,2,3,5,7, 8,9,11,12].

Результаты исследования изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области в России имеют прикладное значение и могут быть использованы при разработке лекционных курсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агапов В.С., Тарасенко С.В., Трухина Г.М., Лакшин А.М. Внутрибольничные инфекции в хирургической стоматологии. М.: Медицина, 2002. 255с.2.
2. Агапов В.С., Смирнов С.Н., Шулаков В.В., Царёв В.Н. Комплексная озонотерапия ограниченного вялотекущего гнойного воспаления мягких тканей челюстно-лицевой области // Стоматология. 2001. — Т80, № 3. — С. 23–27. [4]
3. Инфекции и антимикробная химиотерапия. 2003. — Т. 5, № Г -С. 12–18.
4. Блатун Л.А. Местное медикаментозное*лечение ран. Проблемы и новые возможности их решения // Consilium medicum. Хирургия: — 2007. — Т. 9; № 1.
5. Богдашева Н.И., Фишман Б.Б., Иванов А.С., Абу Хадир Ессам. Характеристика отдельных маркеров микрофлоры полости рта по данным ПЦР диагностики Институт стоматологии. — № 37-Т. 4.-2007. С. 84–85.
6. Ксембаев С.С., Ямашев И.Г. Острые одонтогенные воспалительные заболевания челюстей. М.: «Медпресс-информ», 2006. — 126 с.
7. Робустова Т.Г. Хроническая эндогенная интоксикация при одонтогенных воспалительных заболеваниях // Материалы X Международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов. СПб., 2005. — С. 155–156.
8. Царев В.Н., Николаева Е.Н. Технологии генодиагностики в отечественной стоматологии // Стоматология. — 2007. — № 5. — С. 82–87.
9. Царев В.Н., Николаева Е.Н., Носик А.С., Щербо С.Н. Современные методы микробиологической диагностики заболеваний тканей пародонта // Медицинский алфавит. Стоматология. — 2005.-№ 2. — С. 26–29.
10. Царев В.Н., Ушаков Р.В., Давыдова М.М. Лекции поклинической микробиологии для студентов стоматологических факультетов. Иркутск, 1996. 85 с.
11. Яременко А.И. Лечение и профилактика инфекционно-* воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области у пациентов старших возрастных групп. Автореф.: Дис. . докт. мед. наук. СПб., 2007. — 37 с.
12. Bernhard A.E., Field ICG. A PCR assay to discriminate human and ruminant feces on the basis of host differences, in Bacteroides.

© Камнева Нина Анатольевна (ni_kamneva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

10.37882/2223–2966.2021.04–2.09

ИЗУЧЕНИЕ ЭТИОЛОГИИ И ПАТОГЕНЕЗА ВРОЖДЕННЫХ И ПРИОБРЕТЕННЫХ АНОМАЛИЙ РАЗВИТИЯ, ДЕФЕКТОВ И ДЕФОРМАЦИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

STUDY OF THE ETIOLOGY AND PATHOGENESIS OF CONGENITAL AND ACQUIRED DEVELOPMENTAL ANOMALIES, DEFECTS AND DEFORMATIONS OF THE MAXILLOFACIAL REGION

N. Kamneva

Summary. The results of the study, the study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired developmental anomalies, defects and deformities of the facial-facial region, are discussed. G.R. Derzhavin, Tambov, for the period from 2019 to 2021 based on the data obtained during the dental study, the study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired developmental anomalies, defects and deformities of the facial-facial region lies in the fact that the practical significance of the study lies in the fact that its theoretical provisions and the empirical results obtained can be used by dentists for further dental practice. The relevance of the research study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired developmental anomalies, defects and deformities of the facial-facial region, are studied on the basis of the medical institute T.G.U. named after G.R. Derzhavin in modern society is beyond doubt. Thus, many aspects of the study of dentistry have found their place in the dental problematic, revealing a private and special research study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired developmental anomalies, defects and deformities of the facial-facial region. It can be concluded that the study is the study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired anomalies of development, defects and deformities of the facial-facial region, for a long time the research methods have not been studied.

Keywords: study of the etiology and pathogenesis of congenital and acquired developmental anomalies, defects and deformities of the facial-facial region.

Камнева Нина Анатольевна

Врач-стоматолог, к.псх.н., доцент, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов
ni_kamneva@mail.ru

Аннотация. Обсуждаются результаты исследования изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, в опытно-экспериментальное исследование проводилось на кафедры стоматологии Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, г. Тамбова за период с 2019 по 2021 гг. на основании данных, полученных в ходе стоматологического исследования изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области заключается в том, что практическая значимость исследования заключается, что его теоретические положения и полученные эмпирические результаты могут использоваться врачами — стоматологами для дальнейшей стоматологической практике.

Актуальность исследования изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, изучаются на базе медицинского института Т.Г.У. им Г.Р. Державина в современном обществе несомненна.

Таким образом, многие аспекты исследования стоматологии нашли свое место в стоматологической проблематики, раскрывая частное и особенное исследования изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области.

Можно сделать вывод об исследовании изучения этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, долгое время не были изучены методы исследования.

Ключевые слова: изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области.

Не кариозные поражения зубов представляют собой обширную часть патологии твёрдых тканей зуба [2]. Они характеризуются многообразием клинических форм и, в то же время, схожестью некоторых симптомов [2]. Кроме того, клинические проявления большей части не кариозных поражений на ранних стадиях имеют много общего с симптоматикой кариеса.

Всё это затрудняет их дифференциальную диагностику [2].

Аномалии развития и прорезывания зубов, изменения их цвета эта патология может возникать у детей с нарушенным общим физическим развитием или у детей, болевших рахитом, туберкулезом, а также при

Таблица 1

№ п/п	Название шкалы	Интерпретация
1	Врожденные пороки развития лица и челюстей	Являются одной из основных и сложных проблем стоматологии детского возраста, в последнее время отмечается тенденции к росту числа детей с врожденными пороками развития, в том числе и с пороками развития лица и челюстей.
2	Патогенез врожденных пороков развития лица	Врожденных пороков развития лица можно представить следующим образом: в возрасте около 2-х недель между передним мозговым пузырем и сердечным выступом на головном конце эмбриона появляется выпячивание эктодермы — первичная ротовая ямка, к концу 3-й недели, постепенно углубляясь, она достигает передней кишки (энтодермы) и соединяясь с ней образует начало пищеварительного тракта.
3	Период эмбриогенеза называют «критическим периодом»	Возникновения пороков развития лица и челюстей, причем 3–6 недели считаются самыми опасными, так как в случае несращения этих бугров между собой возникают расщелины лица, верхней губы и неба.
4	Синдром Пьера-Робена	Для него характерна триада клинических признаков в виде недоразвития нижней челюсти, расщелины неба и глоссоптоза, степень выраженности этих симптомов может быть различной: от легкой до тяжелой, при этом синдроме лечение этих детей заключается в профилактике асфиксии и аспирации пищи с первых дней жизни ребенка. Для этого язык или нижняя челюсть фиксируются в выдвинутом кпереди положении с помощью хирургических или ортодонтических способов.
5	Синдром Франческетти-Коллинза	Челюстно-лицевой дизостоз чаще имеет наследственный характер и характеризуется двусторонним недоразвитием скуловых костей, верхней и нижней челюсти, ушных раковин; антимонголоидным направлением глазных щелей; недоразвитием век (колобомой); недоразвитием верхнечелюстных пазух; аномалиями зубов и прикуса, лечение этих детей длительное, поэтапное, комбинированное. Проводится по эстетическим и функциональным показаниям в различные возрастные периоды в зависимости от степени выраженности.
6	Синдром Кроутона	Черепно-лицевой дизостоз клинически характеризуется почти нормальным или несколько уменьшенным и деформированным мозговым черепом; укорочением основания черепа; резким недоразвитием верхней челюсти, глазниц, скуловых костей, также, из-за резкого недоразвития верхней челюсти, выявляются скученность, ретенция, дистопия со стороны зубов и зубного ряда, ложная прогения, лечение чаще паллиативное, симптоматическое нормализация положения зубов или прикуса, контурная пластика лица и т. д.
7	Аномалии размеров	Наличие зубов очень большой или очень малой величины называют соответственно макродентией или микродентией (боковые резцы верхней челюсти, третьи моляры). Для того чтобы судить об аномалии размера коронок, необходимо знать нормальные величины зубов и их колебания. В среднем коронки медиальных резцов верхней челюсти у женщин имеют высоту 8,6–14,7 мм. Если размеры коронок выше нормы, это — макродентия, а если ниже — микродентия. Наличие зубов с корнями, длина которых превышает нормальную величину (клыки верхней челюсти), называют ризомегалией, а образование корней меньшей длины считают изомикрией. Наблюдаются случаи сращения и слияния зубов, аномалии формы их корней и даже инвагинацию зубов (« <i>dens in dente</i> »). Слияние зубов — объединение двух независимо развивающихся молочных или постоянных зубов. Такое состояние чаще всего встречается в группе фронтальных зубов, эта аномалия имеет семейный характер. Диагноз «зуб в зубе» ставят на основании рентгенологического исследования. Эта аномалия может возникнуть как в молочных, так и в постоянных зубах, однако чаще встречается в верхних постоянных боковых резцах. Наличие аномалий количества и формы корней зубов может затруднить проведение эндодонтического лечения.
8	Бычьи зубы (Тауродонтизм)	Это редкая аномалия зуба, при которой зуб увеличен за счёт корней. При этом пульпарная коронковая часть полости зуба удлинена и распространяется на область корней. Корень широкий, плотной структуры, без разветвлений. Зубы жвачных животных имеют похожее строение. Тауродонтизм встречается у 2,5% взрослых людей. Он может быть изолированным признаком или сопровождать некоторые синдромы, такие, как триходентокостный синдром, отодентальная дисплазия и анеуплоидия X-хромосомы. Данную аномалию можно рассматривать как наследуемую по аутосомно-доминантному или аутосомно-рецессивному типу. Тауродонтизм создаёт определённые трудности в случае необходимости проведения витального лечения пульпита или эндодонтического лечения.
9	Аномалии формы	Каждый зуб отличается свойственной ему формой. Формы коронок зубов и их корней, как правило, постоянны и устойчивы. Однако нередко встречаются аномалии формы зубов: зубы Гетчинсона, Пфлюгера, Фурнье; «перекрученные» нижние боковые и центральные резцы. Частым видом нарушения формы зубов служит «шиловидный» резец: эта патология проявляется на боковых резцах верхней челюсти и характеризуется симметричностью поражения.

Таблица 1 (продолжение)

№ п/п	Название шкалы	Интерпретация
10	Незавершенный амелогенез	<p>Незавершённый амелогенез — тяжёлое нарушение эмалеобразования, проявляющееся системным нарушением структуры и минерализации молочных и постоянных зубов, изменением цвета и последующей частичной или полной потерей ткани. Некоторые генные мутации, обуславливающие изменения структуры или химического состава эмали, обычно вызывают изменения, которые можно обнаружить только в эмали. Другие мутации могут обусловить изменения и в других тканях или метаболических процессах. В целом эти мутации приводят к одному из последствий: недостаточному образованию эмали (гипоплазия), заметной недостаточности первоначального обызвествления органической матрицы (гипокальцификация); дефектам в образовании кристаллов апатита в различных компонентах эмалевых призм (гипосозревание); отложению экзогенного материала, часто имеющему пигментированный характер; комбинации этих нарушений. Наследственные дефекты эмали, не связанные с общими нарушениями, считают разновидностями неполноценного амелогенеза. В целом среди населения неполноценный амелогенез всех типов встречается с частотой около 1:14 000. Наиболее распространённый тип неполноценного амелогенеза — наследуемая по аутосомно-доминантному типу гипокальцификация эмали, частота которой составляет 1:20 000.</p>
11	Несовершенный дентиногенез	<p>Различают три типа неполноценного дентиногенеза. I тип — одно из нескольких проявлений общих заболеваний скелета, называемых неполноценным остеогенезом. Различают врождённый и поздний неполноценный остеогенез. При обоих видах могут наблюдаться зубы с дефектами дентина. Зубы как молочные, так и постоянные обладают удивительной янтарной полупрозрачностью. Характерны значительные различия в степени выраженности болезни — от поражения всех зубов до единичных, у которых наблюдают лишь лёгкое обесцвечивание. Эмаль на таких зубах легко откальвается, что способствует более быстрому стиранию обнажённого дентина. При неполноценном дентиногенезе I типа молочные зубы поражены сильнее, чем постоянные. II тип, или синдром Стейнтон-Капдепона, имеет в основном те же клинические проявления, что и I тип. Синдром Стейнтон-Капдепона (неполноценный одонтогенез, опалесцирующий дентин, мезоэктодермальная одонтопатия и т.д.) — своеобразная патология зубов постоянного и молочного прикуса. Впервые описана Ч. Стейнтоном в 1892 г. Более подробно признаки заболевания привел Б. Капдепон в 1905 г.: изменение цвета зубов; патологическая стираемость и повышенная ломкость, при этом зубы очень редко поражаются кариесом; корни зубов короткие и тонкие, в области верхушек нередко отмечаются очаги разрежения костной ткани, могут быть свищевые ходы, кисты, встречаются участки гиперцементоза. Характерные признаки неполноценного дентиногенеза II типа: - в семьях у многих членов может быть неполноценный дентиногенез II типа, но без признаков неполноценного остеогенеза;-высокая внутрисемейная корреляция степени выраженности заболевания, окраски и стирания зубов;-одинаково частое поражение как молочных, так и постоянных зубов, полностью здоровые зубы отсутствуют. III тип характеризуется такими же, как при I и II типах, изменениями окраски и формы зубов, однако существуют значительные фенотипические особенности. Наиболее часто наблюдают опалесцирующий цвет зубов, куполообразные коронки, поражение как молочных, так и постоянных зубов, выявляемые при рентгенологическом исследовании так называемые раковинные зубы. Термин «раковинные зубы» используют для описания зубов, образование дентина в которых не происходит после формирования плащевого дентина. Лечение. Эффективны ортопедические методы.</p>
12	Мраморная болезнь	<p>Заболевание характеризуется частичным или сплошным склерозированием губчатого вещества кости, чаще во всём скелете. В ранней фазе развития болезни кости склерозированы только в области метафизов трубчатых костей, на остальном протяжении этих костей губчатая структура сохранена. Выявляют неравномерное уплотнение костей черепа. Околоносовые пазухи обычно тоже склерозированы. Наряду со склерозом всего скелета отмечают склероз челюстных костей, аномалии прорезывания зубов. Поражение челюстных костей сопровождается нарушением развития и прорезывания зубов. Влияние болезни на зубы выражается в замедлении развития, позднем прорезывании и изменении их строения. Зубы имеют недоразвитые корни, облитерированные полости зуба и каналы. Эмаль зубов сразу после прорезывания имеет меловидный оттенок, а затем становится рыхлой и быстро утрачивается, зубы разрушаются. Характерно поражение зубов множественным кариесом. Единственная возможность сохранить зубы при мраморной болезни — своевременное ортопедическое лечение.</p>

Таблица 1 (продолжение)

№ п/п	Название шкалы	Интерпретация
13	Дисплазия дентина	Дисплазия — редкое нарушение формирования дентина. Выделяют два типа данной аномалии: дисплазия радикулярного дентина (I тип) и дисплазия коронкового дентина (II тип). Дисплазия радикулярного дентина (I тип) наследуется аутосомно-доминантно, при этом могут поражаться как молочные, так и постоянные зубы. На рентгенограммах видны короткие заострённые корни; корневые каналы и полость зуба обычно отсутствуют. Цвет и форма коронок таких зубов обычно не изменены. Иногда зубы могут выглядеть слегка опалесцентными и голубоватыми. Дисплазия коронкового дентина (II тип) также наследуется по аутосомно-доминантному типу. Коронки молочных зубов опалесцентны, полости зубов облитерированы, как и при несовершенном дентиногенезе. Однако коронки постоянных зубов имеют нормальный цвет, а полость зуба представлена трубкой с дентиклями. Изменение цвета (жёлтый, серо-жёлтый, тёмно-коричневый, жёлто-зелёный, коричнево-зелёный, чёрно-коричневый, серый, серо-синий, зелёный, голубой, лиловый, чёрный) коронок молочных зубов наблюдают при гемолитическом синдроме и гемолитических желтухах различной этиологии. Образующийся при гемолизе эритроцитов и откладывающийся в тканях зуба непрямо билирубин обуславливает окрашивание зубов в различные цвета и может влиять на процесс гистогенеза, приводя к недоразвитию эмали — системной гипоплазии. В отличие от системной гипоплазии, вызванной другими заболеваниями, гипоплазия после гемолитической желтухи, развившейся вследствие несовместимости крови матери и ребёнка по резус-фактору, обязательно сочетается с изменением окраски коронок молочных зубов. Отсутствие гипоплазии при изменённой окраске коронок объясняют невысоким титром антител в организме матери и лечением новорождённого дробными переливаниями крови.
14	Клиновидный дефект	патологическое состояние, обусловленное формой дефекта твёрдых тканей зуба (вид клина). Клиновидный дефект локализуется у шеек зубов, на щёчных и губных поверхностях. Нередко он образуется после обнажения шейки зуба, и это послужило основанием для утверждения, что клиновидный дефект — одно из клинических проявлений болезней пародонта. На самом деле прямой зависимости между ними не установлено, хотя, по мнению ряда авторов, клиновидный дефект у 8–10% больных служит симптомом некоторых болезней пародонта, при которых происходит обнажение шеек зубов.

нарушении функции эндокринной, нервной системы и других изменениях в организме, влияющих на процесс закладки и формирования зубочелюстной системы [2].

Аномалии прорезывания и патология прикуса являются наиболее типичным проявлением церебрально-гипофизарного нарушения, связанного с недостатком тиреотропного, гонадотропного, соматотропного гормонов [2].

Нарушения прорезывания постоянных зубов сопровождаются задержкой рассасывания корней молочных зубов, нарушением сроков формирования самих постоянных зубов, последовательности и парности прорезывания, при этом может наблюдаться замедление дифференцировки скелета и развитие аномалий положения и формы зубов [2].

Примером нарушения формы отдельных зубов являются зубы Гетчинсона, Фурнье, Пфлюгера, Турнера. Изменения цвета зубов могут наблюдаться при гемо-

литической желтухе различной этиологии (непрямой билирубин, образующийся при гемолизе эритроцитов, откладывается в тканях зуба и обуславливает их окрашивание, может также привести к недоразвитию эмали — системной гипоплазии) [2]. Генетически обусловленные структурные нарушения в тканях зуба или проникновение в них красящих веществ (тетрациклин) тоже могут вызывать изменение их цвета [2]. При врожденной эритроцитарной порфирии, при аномалии желчных протоков, когда соли из желчного пузыря попадают в кровь, может отмечаться изменение цвета тканей зуба [2].

Аномалии прорезывания зубов и нарушения их структуры наблюдаются при врожденном семейном остеосклерозе, известном под названием болезни Альбертс — Шенберга или мраморной болезни. Заболевание встречается редко, характеризуется остеосклерозом большинства костей скелета, а также челюстных костей [2]. При доброкачественном течении поражается только скелетная мезенхима, что проявляется только остеосклерозом [2]. При злокачественном течении

вовлечена миеломная мезенхима и заболевание сопровождается анемией, остеомиелитами, переломами костей [2]. Эмаль зуба при доброкачественном течении меловидного цвета, рыхлая, быстро утрачивается, зубы быстро разрушаются [2].

Рассмотрим таблицу 1, изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области.

В изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области рассмотрим в клинике челюстно-лицевой хирургии наиболее целесообразно выделять две группы врожденных пороков развития:

1. системные пороки развития лица и челюстей (синдромы) [8];
2. пороки развития отдельных анатомических образований челюстно-лицевой области (короткие уздечки губ, языка, макродентия, расщелина неба и т.д.) [8].

В настоящее время разрабатываются хирургические доступы к органам без больших разрезов на лице [10]. Однако после проведения хирургического вмешательства часто возникают осложнения в виде послеоперационных дефектов в области переднего, среднего и других отделов твёрдого нёба или на границе твёрдого и мягкого нёба [11]. Их число достигает 75% [11]. Основными причинами таких осложнений являются: некроз слизисто-надкостничных лоскутов вследствие нарушения их питания; несостоятельность швов; нарушение репаративной регенерации; наличие сопутствующей патологии внутренних органов либо сниженного иммунитета; воспалительные инфильтраты или нагноение раны, гематомы или острые инфекционные заболевания в ближайшем послеоперационном периоде [11].

Дефекты и деформации челюстно-лицевой области — заболевания, характеризующиеся нарушением целостности костных структур и мягких тканей лица,

сопровождающееся рубцовыми изменениями слизистой оболочки и стойкими нарушениями функции жевательного аппарата, приводящие к утрате эстетического облика и социальной дезадаптации человека [9]. В представленной статье рассматриваются основные этиологические факторы, приводящие к дефектам и деформациям челюстно-лицевой области [9].

За последнее время изучение этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области наука шагнула далеко вперед в своем развитии, врачам — стоматологам удалось достигнуть большинства успехов [1]. Поэтому на сегодняшний день весьма актуальным является поиск способов профилактики изучения этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области [1].

На основании изучения этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, полученных данных в ходе стоматологического исследования проводилось на кафедры стоматологии Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, г. Тамбова за период с 2019 по 2021 гг. Получены данные позволили сделать выводы о том, что результаты исследования изучения этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области является психологическая подготовка и коррекция поведения детей. Наличии психоневрологических заболеваний, психологическая адаптация ребенка: беседа с мамой, первые посещения ознакомительные и проведение профессиональной стоматологической помощи ребенку [1].

Результаты исследования изучения этиологии и патогенеза врожденных и приобретенных аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области имеют прикладное значение и могут быть использованы при разработке лекционных курсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бажанов Н.Н. Стоматология. — М.: Медицина, 1990
2. Болезни зубов некариозного происхождения: Учебное пособие. / В.Ф. Михальченко, Н.Ф. Алешина, Т.Н. Радышевская, А.Г. Петрухин. — Волгоград, 89 с, 2005
3. Виноградова Т.Ф. Педиатру о стоматологических заболеваниях у детей. — М.: Медицина,
4. Виноградова Т.Ф. Стоматология детского возраста. — М.: Медицина, 1987. — С. 180–198.
5. Колесов А.А. Стоматология детского возраста. — М.: Медицина, 1993
6. Корсак А.К. и соавт. Врожденные пороки развития челюстно-лицевой области у детей. Учебно-методическое пособие. — Минск, 2000—86 с.
7. Корсак А.К. Опухоли челюстно-лицевой области у детей. — Учебное пособие для студентов медицинских институтов. — Минск, 1998—76 с.
8. Терехова Т.Н. и соавт. Стоматология и челюстно-лицевая хирургия: учеб.-метод. Минск БГМУ 2008.

9. О.С. Гуйтер, Н.Е. Митин, А.Е. Устюгова, М.А. Сорокина. Этиологические факторы, способствующие возникновению деформации челюстно-лицевой области. «НАУКА МОЛОДЫХ» (Eruditio Juvenium) 2015.
10. Мнихович М.В. Экспериментально-морфологический анализ закономерностей морфологии кожной раны под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения / М.В. Мнихович, Н.В. Еремин // Наука молодых (Eruditio Juvenium). — 2013 — № 3. — С. 13–26.
11. Злокачественные опухоли челюстно-лицевой области / И.М. Федяев [и др.]. — Нижний Новгород: Медицинская книга, 2000—160 с.

© Камнева Нина Анатольевна (ni_kamneva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина

СЕПСИС: ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ФЕНОМЕНЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

SEPSIS: EPIDEMIOLOGICAL PHENOMENA OF STUDYING THE PROBLEM

**A. Karsanov
A. Kultciev
R. Kokaev
S. Maskin
T. Derbentseva
M. Parovatkina
O. Remizov**

Summary. Sepsis does not cease to be an extremely urgent medical and social problem. Among the main directions of searching for keys to solving the problem of sepsis, the problem of finding a standard for studying the general epidemiological patterns of generalized inflammatory syndrome in the world remains urgent. This article attempts to describe the potential range of existing epidemiological phenomena of sepsis, overcoming which can be the basis for correct statistical analysis and for the development of an agreed global strategy for a single definition, standardized accounting, and improvement of comprehensive epidemiological research in the world.

Keywords: sepsis, septic shock, systemic inflammation, epidemiology, surgery, intensive care.

Карсанов Алан Мухарбекович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
karsan@inbox.ru

Кульчиев Ахсарбек Азубеевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Кокаев Роман Игоревич

ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия» (г. Владикавказ)
sogma.rso@gmail.com

Маскин Сергей Сергеевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
(г. Волгоград)
maskins@bk.ru

Дербентцева Татьяна Викторовна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
(г. Волгоград)
TVDerbentseva@volgmed.ru

Пароваткин Михаил Иванович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
(г. Волгоград)
maskins@bk.ru

Ремизов Олег Валерьевич

Д.м.н., ректор, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
oleg_remizov@mail.ru

Аннотация. Сепсис не перестает быть крайне актуальной медико-социальной проблемой. Среди главных направлений поиска ключей к решению проблемы сепсиса остается актуальной проблема поиска стандарта изучения общих эпидемиологических закономерностей генерализованного воспалительного синдрома в мире. В данной статье предпринята попытка описания потенциального круга имеющихся эпидемиологических феноменов сепсиса, преодоление которых может быть основой для корректного статистического анализа и для выработки согласованной глобальной стратегии по единой дефиниции, стандартизованному учету, совершенствованию комплексных эпидемиологических исследований в мире.

Ключевые слова: сепсис, септический шок, системное воспаление, эпидемиология, хирургия, интенсивная терапия.

Введение

Спустя многие десятилетия истории его изучения сепсис продолжает оставаться загадочной, многоликой и потенциально смертельной проблемой глобального здравоохранения [1–3]. Кратко характеризуя ситуацию с современным пониманием значимости наших знаний о сепсисе можно лишь констатировать, что сепсис всегда актуален [4–6]. Ежегодные затраты на лечение пациентов с сепсисом в США составляют 11–13% от всех затрат на здравоохранение, превышая 15–19 млрд. долларов в год [7, 8].

Прирост частоты ежегодной регистрации сепсиса в глобальной популяции составляет примерно 1,5% [5, 7]. В ряду основных факторов роста заболеваемости стоят:

- ◆ повышение резистентности приоритетных возбудителей к основным классам антимикробных препаратов;
- ◆ достижения медицинских технологий, повышающие фактическую продолжительность жизни мировой популяции, что в итоге повышает риск возникновения сепсиса у пациентов преклонного возраста;
- ◆ широкое внедрение новых медицинских технологий, связанных с использованием имплантируемых устройств;
- ◆ расширение показаний к цитостатической и иммуносупрессивной терапии, развитие трансплантологии;
- ◆ пандемия ВИЧ-инфекции [3, 6].

Проблема изучения сепсиса столь многогранна и комплексна, что в качестве положительных достижений фундаментальной медицины можно выделить лишь существенный успех в понимании общебиологических механизмов реакции организма на бактериальную, фунгальную или вирусную агрессию и связанную с этим альтерацию [3, 5, 9]. По-прежнему неясной является роль отдельных компонентов биологической концепции системного воспаления в контексте их содружественного нарушения стабильности гомеостаза, что не позволяет сформировать стройный алгоритм диалектического подхода к ранней диагностике и к этиотропному лечению септического шока [2, 3, 10, 11].

На сегодня в мире принято исходить из понимания, что в основе сепсиса лежит формирование угрожающей жизни органной дисфункции вследствие дисрегуляции ответа организма на инфекцию различной природы [2, 4, 5]. Избыточная, саморазрушающая ответная реакция организма реализуется в виде цитокинового каскада, сопровождающегося неконтролируемым выбросом разнообразных медиаторов воспаления. Имен-

но таким образом формируется недостаточность механизмов, ограничивающих их повреждающее действие, что в итоге является индуктором органно-системной несостоятельности [2, 4, 5, 9, 12, 13], а последняя реализуется через гиперкоагуляционные, циркуляторные, гипоксические, метаболические и иные, менее исследованные, процессы [2, 4, 12, 13].

Эпидемиологические феномены сепсиса

Когда речь идет о сепсисе следует признать, что в широком понимании этот синдром — особая область современной медицинской науки и особенно — практики, закономерности развития которой, а тем более технологии лечения, имеют целый ряд неразрешенных противоречий [1, 4, 5]. Высокая социальная значимость и многогранность изучения проблемы сепсиса не позволяют игнорировать такие важные основы для всестороннего понимания проблемы, как современная эпидемиология синдрома системного воспалительного ответа и генерализованной инфекции с органной несостоятельностью [6, 7, 14].

Согласно результатам многочисленных исследований, частота выявления сепсиса в разных частях мира не просто существенно отличается, но и имеет разноинтенсивную тенденцию к росту в различных странах [7, 8, 11, 14, 15]. Так в США частота выявления сепсиса за каждое десятилетие удваивается [8]. Доля септических пациентов в структуре госпитальной летальности составляет 17%. Продолжительность стационарного лечения пациентов с инфекцией дольше в среднем на 43%, чем без нее. Согласно новейшим данным, в Италии общий уровень госпитальной летальности среди пациентов с сепсисом составил 33,6% [16]. 30% пациентов с инфекцией получают лечение в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [2, 3, 5, 7, 14].

Одной из общемировых проблем является некорректная регистрация случаев сепсиса в странах с низким уровнем социально-экономического развития. Поэтому оценка общемировых тенденций в распространенности и детализации проявлений септического синдрома строится на изучении его закономерностей в странах с высоким уровнем организации здравоохранения. Так в ФРГ частота верификации клинических эпизодов сепсиса возрастает в среднем на 6% в год, при этом темпы снижения госпитальной летальности значительно отстают, оставаясь на уровне 2,7% в год [7]. Из этих данных можно предположить, что в целом на планете ежегодно регистрируют около 50 млн. случаев сепсиса, примерно с 10,3% летальностью [17].

Лидером среди стран по частоте выявления синдрома системного воспалительного ответа (ССВО) являются США, в которых ежегодно констатируют около 25 млн. таких случаев, что составляет от 16,4% до 18,7% от всех госпитализаций взрослых в этой стране. Лишь четверть из этих случаев была ассоциирована с инфекционным очагом [18]. Крайне важно, что госпитальная летальность среди пациентов с проявлениями ССВО составила 4,6%, тогда как без такового — 1,8%. Сепсис регистрировался у пациентов со средним возрастом 63 года, чаще у женщин (61%) и у европеоидной расы (70%) [19]. К сожалению, в США тяжесть проявлений сепсиса с годами также нарастает, что видно по приросту за 10 лет на 45% доли пациентов, нуждающихся в респираторной поддержке.

Вынуждены с сожалением констатировать, что несмотря на значительные материальные затраты и вовлечение огромного числа исследователей в изучение проблемы сепсиса, мировому медицинскому сообществу удалось лишь незначительно снизить летальность от этого недуга [20]. Это не коснулось наиболее тяжело контингента больных. Так летальность среди пациентов с синдромом полиорганной несостоятельности (СПОН) и септическим шоком (СШ) остается на очень высоком уровне — свыше 30% [17, 19, 21, 22].

Одним из неочевидных факторов сложности регистрации сепсиса является гетерогенность популяции пациентов с этим синдромом. Взять хотя бы то, что при латентном (скрытом) течении сепсиса летальность оказалась в 2 раза выше (52–56%), чем при клинически очевидных проявлениях синдрома (34,7–36,9%) [23]. Причины этого очевидны и состоят в том, что при отсутствии уверенности в диагнозе происходит задержка с адекватной терапией [16]. Другая особенность обсуждаемого синдрома состоит в том, что сепсис многолик по источникам инфекции, состоянию макроорганизма, возрасту и исходному состоянию пациентов, бактериальному фактору [1, 4–6, 9, 11, 13, 22].

Следующим эпидемиологическим “феноменом” является то, что у азиатской популяции пациентов выявлены различающиеся закономерности распространения сепсиса. Так в Китае преобладают абдоминальные источники сепсиса, хотя во всем мире — респираторные. В Южной Корее при изучении гендерной зависимости выявлено, что СШ превалировал у мужчин. При этом лишь у трети пациентов удалось верифицировать бактериальный агент [24].

На Тайване по результатам пятилетней выборки, было установлено, что интенсивный показатель заболеваемости сепсисом составил 64,3 новых случая на 10 тысяч населения в год. Аналогичный показатель

популяционной смертности от сепсиса составил 28,7, в то время как летальность оказалась на уровне 29,2%. Было обнаружено, что смертность и заболеваемость сепсисом на Тайване с каждым годом увеличиваются, но с течением времени статистически значимых изменений не выявлено. Мужчины чаще были подвержены генерализованной инфекции, так же, как и пожилые пациенты. Наиболее частой локализацией первичного очага инфекции была дыхательная система, что типично для общемировой популяции [25].

В развивающихся странах очевиден рост частоты сепсиса за счет лиц молодого возраста с преобладанием респираторных инфекций, вызванных грамотрицательными представителями семейства Enterobacteriaceae. Хотя в отдельных странах, как например в Ливане, основные национальные статистические показатели идентичны таковым в развитых странах. Так, по данным G. Abou Dagher и соавт. [26], средний возраст пациентов с сепсисом составлял 70,1 года, в диапазоне от 19 до 96 лет. 48,5% составляли женщины. Бактериемия была подтверждена у 42,3% пациентов. Клинические и лечебные показатели также заслуживают пристального анализа. Потребность в парентерально вводимой жидкости (в первые 6 часов) составила $1,75 \pm 1,96$ л. Время до начала введения антибиотиков составило $3,43 \pm 4,5$ ч, при этом 87,6% антибиотиков были начаты в приемном отделении. Норэпинефрин был наиболее часто используемым вазопрессором (38,1%), за ним следовали дофамин (8,2%) и добутамин (4,1%). 45,3% пациентов были госпитализированы в отделение интенсивной терапии, а остальные 54,7% находились в клинических профильных отделениях. 28-дневная летальность составила 20,6%.

Отдельного внимания заслуживает септический синдром, осложнивший госпитальный период лечения разных категорий пациентов. нозокомиальный сепсис (НС). Так у пациентов с сочетанной травмой в случае возникновения сепсиса летальность возрастает на более чем 20% [27]. По данным D.W. Park и соавт. при развитии НС госпитальная смертность достигает 23–28% [24]. Хирургический послеоперационный сепсис в США был ассоциирован с преклонным возрастом и чаще осложнял процесс нормального восстановления у пациентов неевропеоидными расами [28]. Частота летальности при возникновении послеоперационного инфекционного осложнения системного характера, в среднем среди всех типов операций, возрастает в 32 раза [28].

По данным G. Di Giuseppe и соавт. [16], частота встречаемости НС в общепольничной популяции пациентов с генерализованной инфекцией в Италии составила 47,2%. При анализе методом множественной логисти-

ческой регрессии выяснилось, что большинство внутрибольничных случаев сепсиса возникло после хирургических вмешательств, на фоне затяжной инфекции и иммуносупрессии. Госпитальная смертность среди контингента с внебольничным сепсисом была ассоциирована с пожилым возрастом пациентов, фактом перевода из другого стационара, необходимостью заместительной почечной терапии и инвазивной искусственной вентиляции легких. Для НС не было установлено схожих закономерностей, а исследования для этого следует применять на ином методологическом уровне.

P.Y. Chen и соавт. [29], при анализе эпидемиологических характеристик послеоперационного сепсиса в Тайване за 12 летний период установили, что его удельный вес среди всех случаев сепсиса в стране составил 1,5%. Частота послеоперационного сепсиса ежегодно увеличивалась со средним приблизительным значением 0,06% для пациентов в возрасте 45–64 лет и 0,34% в возрасте старше 65 лет. Среди этой категории пациентов повышенный риск сепсиса был ассоциирован с такими характеристиками, как: мужской пол (относительный риск (ОР): 1,375), возраст 45–64 или ≥ 65 лет (ОР: 2,639 и 5,862), низкий уровень материального дохода (ОР: 1,390), факт проживания в сельской местности (ОР: 1,266) и отдаленном районе от столицы страны (ОР: 1,205), перенесенная спленэктомия (ОР: 7,723), хроническая болезнь почек (ОР: 1,733), сердечно-сосудистая дисфункция (ОР: 2,441) и дисфункции иных систем органов.

Известно, что раннее проявление органной дисфункции при сепсисе сопряжено с высоким риском внутрибольничной смертности. При анализе значимости каждого из шести компонентов, составляющих интегральную оценку тяжести физиологического состояния пациентов с сепсисом по шкале SOFA, T. Gupta и соавт. [30] было установлено, что наибольшую предсказательную ценность для внутрибольничной смертности (в порядке убывания) имели:

- ◆ нарушения системы гемостаза (ОР: 1,60),
- ◆ печеночная недостаточность (ОР: 1,58),
- ◆ недостаточность функции внешнего дыхания (ОР: 1,33),
- ◆ нарушение функции центральной нервной системы (ОР: 1,20),
- ◆ нарушение функции почек (ОР: 1,14),
- ◆ нарушения сердечно-сосудистой системы (ОР: 1,13).

Кроме того, повышенные параметры респираторного компонента шкалы SOFA (ОР: 1,97) имели наибольшее значение в прогнозе смертности после интенсивного этапа лечения или говорили о необходимости пребывания в ОРИТ длительностью более 3 дней.

Другим значимым аспектом повышенной актуальности изучения эпидемиологии сепсиса является то, что для пациентов, успешно покинувших больницу после лечения с диагнозом “сепсис” проблемы не заканчиваются. Среди популяции таких больных очень высока вероятность повторной госпитализации с новой манифестацией инфекционного процесса [31]. Так прогнозируемая вероятность неблагоприятного исхода при повторной госпитализации среди пациентов, ранее находившихся в палатах интенсивной терапии с сепсисом составила: для риска последующей инфекции — 2,83, для необходимости в повторной госпитализации в связи с инфекцией в течение года после первичной госпитализации — 3,78, для вероятности летального исхода в течение этого периода — 3,61 [32].

Оценивая качество жизни среди пациентов, переживших сепсис, в качестве важных последствий были признаны: психологические нарушения, повышенная утомляемость, снижение толерантности к физической нагрузке, нарушение общей адаптации к ежедневному трудовому режиму, когнитивные нарушения, стойкое занижение самооценки и ощущение недостаточного контроля над своей жизнью [33]. При этом сами пациенты считают наиболее приоритетным для своей реабилитации: потребность в «нормальной жизни», в возможности свободной самостоятельной ходьбы и в избавлении от когнитивных нарушений. Поддержка семьи — это то, что в наибольшей степени необходимо для преодоления последствий сепсиса.

Даже при отсутствии повторной госпитализации полугодичная летальность вне стационара среди пациентов, перенесших СШ составила 45% [34], 3,5-летняя и 5-летняя смертность после перенесенного сепсиса составили — 58% и 61% соответственно [35]. 28% пациентов, перенесших сепсис нуждаются в каком-либо из видов медицинской помощи пожизненно [36].

Новой парадигмой дефиниции и стратегии оценки септического синдрома стали итоги консенсуса экспертов в 2016 г., названного “Сепсис-3” [5]. С их появлением начался новый этап в изучении эпидемиологических особенностей сепсиса, основанный на примате органной дисфункции, а не на проявлениях ССВО. Пока нет оснований говорить о существенном прогрессе в оценке закономерностей распространения сепсиса в общемировом масштабе на основе этого подхода, хотя интенсивность научного поиска значительно возросла.

Таким образом, генерализованная хирургическая инфекция является крайне гетерогенным, “многоликим” клиническим состоянием. Сепсис — это скорее синдром, а не отдельное заболевание, обладающий своими патогномичными характеристиками.

Одной из главных целей для создания научной основы для корректного статистического анализа различных аспектов эпидемиологии сепсиса является выработка согласованной глобальной стратегии по единой дефиниции, стандартизованному учету, совершенствованию комплексных эпидемиологических исследований в мире.

Важность и научная наполненность сбора всех сведений о мировой распространенности, этиологических особенностях, патобиологических континуумах, лаконичной и эффективной верификации и, главное,

об эффективных подходах к лечению сепсиса являются современной основой для успешной борьбы общества с этим крайне опасным состоянием.

Формирование национальных и территориальных скрининговых и лечебно-диагностических программ, призванных наладить основы медико-социального контроля над системным воспалительным синдромом — является якорным принципом повышения качества оказания медицинской помощи пациентам с сепсисом.

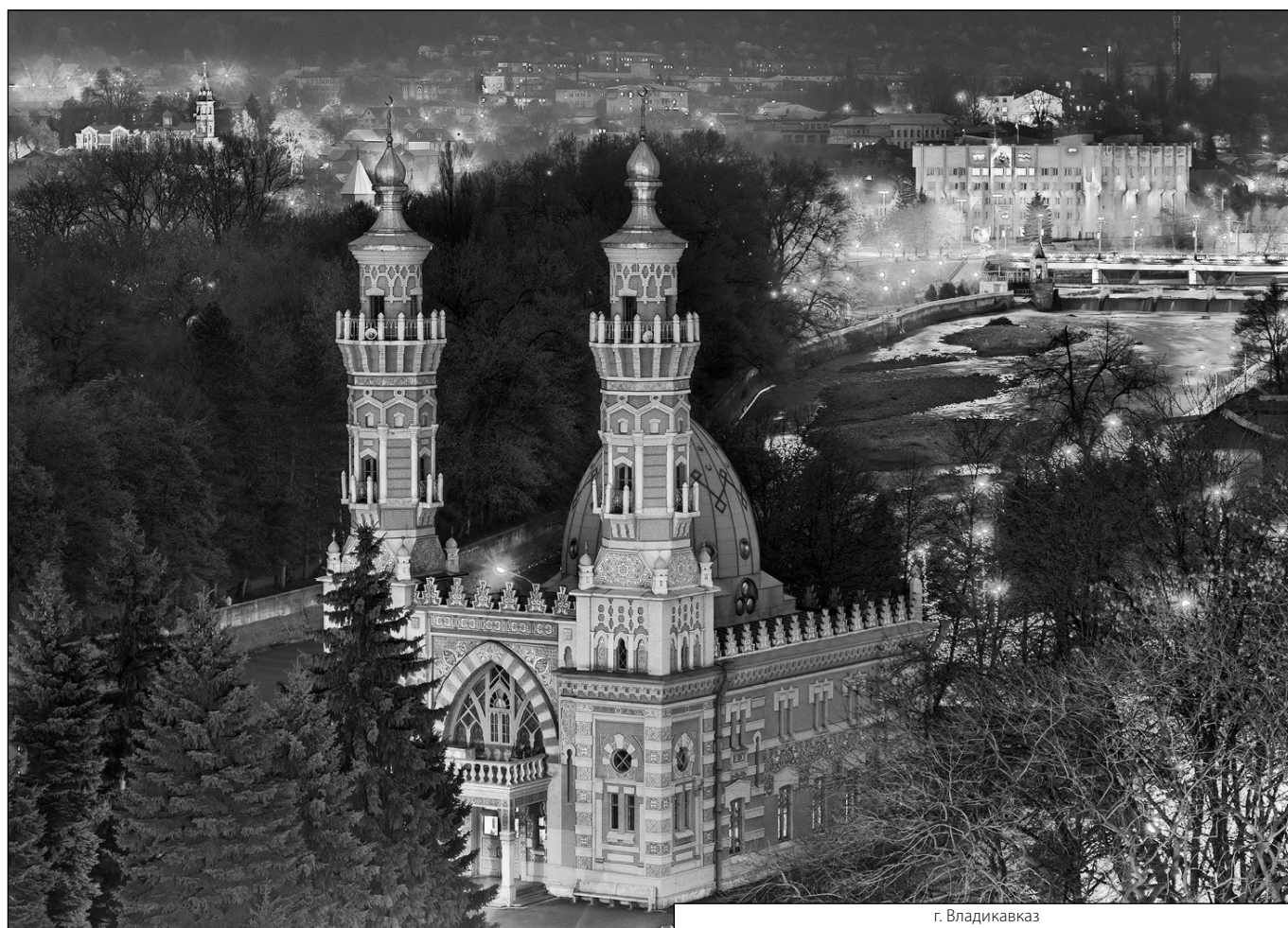
ЛИТЕРАТУРА

1. Ларичев А.Б. Снова о сепсисе: философия диалектического единства дефиниции и клинической практики // Хирургия. — 2015. — № 10. — С. 84–87.
2. Сажин В.П., Карсанов А.М., Маскин С.С., Ремизов О.В. Что такое сепсис: 25-летний опыт развития концепции // Хирургия. — 2017. — № 1. — С. 82–87.
3. Руднов В.А., Кулабухов В.В. Сепсис и терагностика. На пути к персонализированной медицине // Вестник анестезиол. и реаниматол. — 2015. — № 6. — С. 60–67.
4. Shankar-Hari M., Deutschman C.S., Singer M. Do we need a new definition of sepsis? // Intensive Care Med. — 2015. — № 5. — P. 909–911.
5. Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W. et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3) // JAMA. — 2016. — № 8. — P. 801–810.
6. Карсанов А.М., Ремизов О.В., Маскин С.С., Кульчиев А.А., Карсанова З.О. Диагностика сепсиса // Вестник хирургии. — 2016. — № 6. — С. 98–103.
7. Fleischmann C., Thomas-Rueddel D.O., Hartmann M. et al. Hospital Incidence and Mortality Rates of Sepsis // Dtsch. Arztebl. Int. — 2016. — № 10. — P. 159–166.
8. Hall M.J., Williams S.N., De Frances C.J., Golosinskiy A. Inpatient care for septicemia or sepsis: a challenge for patients and hospitals // NCHS Data Brief. — 2011. — Vol.62. — P. 1–8.
9. Кульчиев А.А., Сланов А.В. Острый панкреатит. — Владикавказ: Издательско-полиграфическое предприятие им. В. Гассиева, 2008. — 134 с.
10. Dellinger R.P., Levy M.M., Rhodes A. et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock, 2012 // Intensive Care Med. — 2013. — № 2. — P. 165–228.
11. Карсанов А.М., Кульчиев А.А., Караев Т.Р., Кокаев И.П., Вахоцкий В.В. Роль современных методов лучевой визуализации при внутрибрюшных гнойно-воспалительных осложнениях толстокишечного генеза // Хирургия. — 2015. — № 5. — С. 75–79.
12. Кураева Т.Л., Ремизов О.В., Дедов И.И. Медико-генетическое консультирование и прогнозирование развития инсулинзависимого сахарного диабета // Проблемы эндокринологии. — 1996. — № 6. — С. 3–8.
13. Эндокринология. Национальное руководство. Под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. — ГЭОТАР-Медиа, М., 2008. — 587 с.
14. Rhee C., Gohil S., Klompas M. Regulatory mandates for sepsis care—reasons for caution // N. Engl. J. Med. — 2014. — № 18. — P. 1673–1676.
15. Абоев А.С., Кульчиев А.А., Сланов А.В., Легкове В.Б. Высота пахового промежутка и выбор способа пластики пахового канала // Герниология. — 2004. — № 3. — С. 5.
16. Di Giuseppe G., Mitidieri M., Cantore F. et al. Community-acquired and healthcare-associated sepsis: characteristics and in-hospital mortality in Italy // Antibiotics (Basel). — 2020. — № 5. — P. 263. doi: 10.3390/antibiotics9050263.
17. Fleischmann C., Scherag A., Adhikari N.K. et al. Assessment of global incidence and mortality of hospital-treated sepsis. Current estimates and limitations // Am. J. Respir. Crit. Care Med. — 2016. — № 3. — P. 259–272.
18. Horeczko T., Green J.P., Panacek E.A. Epidemiology of the Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) in the Emergency Department // West J. Emerg. Med. — 2014. — № 3. — P. 329–336.
19. Walkey A.J., Lagu T., Lindenauer P.K. Trends in sepsis and infection sources in the United States. A population-based study // Ann. Am. Thorac. Soc. — 2015. — № 2. — P. 216–220.
20. Gaieski D.F., Edwards J.M., Kallan M.J., Carr B.G. Benchmarking the incidence and mortality of severe sepsis in the United States // Crit. Care Med. — 2013. — № 5. — P. 1167–1174.
21. Кульчиев А.А. Ваготомия при кровоточащей пилородуоденальной язве // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. № 1994. — № 4. — С. 28.
22. Гельфанд Б.Р., Руднов В.А., Галстян Г.М. и др. Сепсис: терминология, патогенез, клинико-диагностическая концепция // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2017. — № 1. — С. 64–72.
23. Liu V., Escobar G.J., Greene J.D. et al. Hospital deaths in patients with sepsis from 2 independent cohorts // JAMA. — 2014. — № 1. — P. 90–92.
24. Park D.W., Chun B.C., Kim J.M. et al. Epidemiological and clinical characteristics of community-acquired severe sepsis and septic shock: a prospective observational study in 12 university hospitals in Korea // J. Korean Med. Sci. — 2012. — № 11. — P. 1308–1314.
25. Chen Y.J., Chen F.L., Chen J.H. et al. Epidemiology of sepsis in Taiwan // Medicine (Baltimore). — 2019. — № 20. — e15725. doi: 10.1097/MD.00000000000015725.

26. Abou Dagher G., Saadeldine M., Bachir R. et al. Descriptive analysis of sepsis in a developing country // *Int. J. Emerg. Med.* — 2015. — № 8. — P. 19. doi: 10.1186/s12245-015-0068-1.
27. Kisat M., Villegas C.V., Onguti S. et al. Predictors of sepsis in moderately severely injured patients: an analysis of the national trauma data bank // *Surg. Infect (Larchmt.)*. — 2013. — № 1. — P. 62–68.
28. Vogel T.R., Dombrovskiy V.Y., Carson J.L. et al. Postoperative sepsis in the United States // *Ann. Surg.* — 2010. — № 6. — P. 1065–1071.
29. Chen P.Y., Luo C.W., Chen M.H. et al. Epidemiological characteristics of postoperative sepsis // *Open Med (Wars)*. — 2019. — № 14. — P. 928–938.
30. Gupta T., Puskarich M.A., DeVos E. et al. Sequential organ failure assessment component score prediction of in-hospital mortality from sepsis // *J. Intensive Care Med.* — 2020. — № 8. — P. 810–817.
31. Prescott H.C. Toward a nuanced understanding of the role of infection in readmissions after sepsis // *Crit. Care Med.* — 2016. — № 3. — P. 634–635.
32. Wang T., Derhovanessian A., De Cruz S. et al. Subsequent infections in survivors of sepsis: epidemiology and outcomes // *J. Intensive Care Med.* — 2014. — № 2. — P. 87–95.
33. König C., Matt B., Kortgen A. et al. What matters most to sepsis survivors: a qualitative analysis to identify specific health-related quality of life domains // *Qual. Life Res.* — 2019. — № 3. — P. 637–647.
34. Nesseler N., Defontaine A., Launey Y. et al. Long-term mortality and quality of life after septic shock: a follow-up observational study // *Intensive Care Med.* — 2013. — № 5. — P. 881–888.
35. Cuthbertson B.H., Elders A., Hall S. et al. Mortality and quality of life in the five years after severe sepsis // *Crit. Care.* — 2013. — № 2. — P. 70–78.
36. Ortego A., Gaieski D.F., Fuchs B.D. et al. Hospital-based acute care use in survivors of septic shock // *Crit. Care Med.* — 2015. — № 4. — P. 729–737.

© Карсанов Алан Мухарбекович (karsan@inbox.ru), Кульчиев Ахсарбек Агубеевич (kulchiev.ahsarbek@yandex.ru),
Кокаев Роман Игоревич (sogma.rso@gmail.com), Маскин Сергей Сергеевич (maskins@bk.ru),
Дербенцева Татьяна Викторовна (TVDerbentseva@volgmed.ru), Пароваткин Михаил Иванович (maskins@bk.ru),
Ремизов Олег Валерьевич (oleg_remizov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Владикавказ

10.37882/2223–2966.2021.04–2.14

ТРОФИЧЕСКАЯ ЯЗВА СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЛЕЧЕНИИ (ОБЗОР)

TROPHIC ULCER MODERN UNDERSTANDING OF TREATMENT (REVIEW)

**A. Nikolaev
A. Yashnov
O. Konovalova
Yu. Hanina
M. Burtseva**

Summary. Quite often there is such a category of patients who suffer from trophic ulcers of one or another etiology. The first people to seek help are the surgeon and the outpatient therapist. The presence of trophic tissue disorders significantly affects the quality of life and working capacity. Long-term pain syndrome can cause neuroses and neurosis-like states, which makes it difficult to perform the usual activities of citizens. This article summarizes modern conservative and surgical methods of treatment of trophic ulcers. When analyzing the literature, it can be concluded that trophic ulcer is a disease known since ancient times and has not lost its relevance to the present. At the moment, there is no single algorithm that would allow us to achieve rapid and lasting success in the treatment of this disease.

Keywords: trophic ulcer, treatment of trophic ulcers, vacuum-assisted therapy, nitric oxide, autoplasm.

Николаев Алексей Николаевич

ГАУЗ Клинический медицинский центр г. Чита
alexei.nikolaevn@yandex.ru

Яшнов Алексей Александрович

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская
академия

Коновалова Ольга Геннадьевна

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская
академия

Ханина Юлия Сергеевна

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская
академия

Бурцева Мария Александровна

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская
академия

Аннотация. Довольно часто встречается такая категория пациентов, которые страдают трофическими язвами той или иной этиологии. Первые, к кому обращаются за помощью, являются хирург и терапевт амбулаторного звена. Наличие трофических расстройств тканей значительно влияет на качество жизни и трудоспособность. Длительный болевой синдром может вызывать неврозы и неврозоподобные состояния, что затрудняет выполнение привычной деятельности граждан. В данной статье обобщены современные консервативные и хирургические методы лечения трофической язвы. При анализе проводимой литературы можно сделать вывод, что трофическая язва — это заболевание известное с давних времен и не потерявшее свою актуальность по настоящее время. В данный момент нет единого алгоритма, который позволил бы добиться быстрого и стойкого успеха в терапии данного заболевания.

Ключевые слова: трофическая язва, лечение трофической язвы, вакуум-ассистированная терапия, оксид азота, аутоплазма.

Трофическая язва — это разновидность длительно незаживающих, устойчивых к консервативному лечению, дефектов кожных покровов, которые характеризуются торпидным и рецидивным течением. Этиологическая частота примерно разделена на: варикозные — 52%; артериальные — 14%; смешанные — 13%; посттромбофлебетические — 7%; посттравматические — 6%; диабетические — 5%; нейротрофические — 1%; и прочие — 2%.

Первые упоминания о лечении трофических язв, датированные XX–XV веком д.н.э., обнаружены в древнеегипетских папирусах и свитках, которые располагались в Великой Александрийской библиотеке. Фундамент в изучении данной патологии заложили Гиппократ, Авиценна и Чинг Су Вен. Независимо друг от друга данные врачи-ученые отметили взаимосвязь между наличием у больных язв на нижних конечностях и варикозным расширением вен. Вместе с тем, они опи-

сали и необходимость в ряде лечебных мероприятий: приподнятое положение конечности, ежедневное промывание раны и компрессия давящей повязкой, а также выжигание или перевязка вен, которые подходят к язве. В III веке д.н.э. в трудах древнеиндийских врачей «Сушрута Самхита» описаны и хирургические методы лечения трофических язв с использованием кожной пластики. Последняя выполнялась на дефект кожных покровов, подготовленный путем очищения личинками мясных мушек. Цельс и Гален в лечении трофических язв активно использовали перевязку и экстракцию варикозных вен. Дальнейшее изучение этиологии и лечение трофических язв замедлилось и лишь в XIII–XIV веке н.э. французский хирург Ги Де Шолиак указал на роль этапного лечения язв, которое опиралось на эрадикации патогенных микроорганизмов с наложением вторичных швов и плотного биндажа. В 1676 г. Британский хирург Ричард Вайсман вводит понятие «варикозные язвы» и показывает на значимость эластической компрессии с использованием чулок. Унна в 1854 г. изобрел и с успехом применил «сапожок Унна» (цинк-желатиновую повязку). Гай и Спидер в 1868 г. доказали роль тромбоза глубоких вен в патогенезе трофических язв. В 1967 г. Амолди и Хагер показали значимость недостаточности перфорантных вен в развитии трофической язвы [1].

До настоящего времени остаётся открытым вопрос лечения трофической язвы. Консервативная терапия зачастую трудоемкая, длительная по времени, слабоэффективная, экономически затратная. У пациентов с трофическими язвами ухудшается качество жизни. Выраженный болевой синдром обрекает пациентов на длительное мучение, нарушение сна, невозможность выполнения привычной повседневной работы. По данным разных авторов данному заболеванию подвержены 1–2% лиц трудоспособного возраста и до 6–7% пациентов преклонного возраста, порядком до 2,5 млн. человек в мире имеют нарушение целостности кожных покровов по причине трофических язв в областях стоп и голеней. Язвы, локализованные на нижних конечностях, характеризуются длительным существованием, в ряде случаев на протяжении от 1–10 лет. Так по данным А.Н. Косенкова 45% больных с трофическими язвами страдали данным заболеванием на протяжении более 10 лет. Трофические язва часто протекают с рецидивами. У 35% пациентов рецидив заболевания наблюдался 3–4 раза. Дискомфорт, выраженные боли, длительное течение трофических язв приводит к смене рода деятельности больных вплоть до потери работы [2].

Помимо социально-бытовых трудностей пациента, лечение трофических язв достаточно затратный метод. В Европе средняя стоимость лечения пациентов с трофическими язвами достигает 40000 евро (око-

ло 3,5 млн. рублей). А затраты, которые обусловленные утратой трудоспособности в Германии, достигают 500 млн. евро. При этом необходимо отметить тот факт, что лишь 50% трофических язв заживают в течении 4 месяцев, 20% в течении 2 лет, 8% не закрываются и при 5 летнем лечении [2].

Учитывая то обстоятельство, что продолжительность жизни неуклонно возрастает, происходит и рост числа больных с тяжёлыми формами хронической венозной недостаточности. К первоочередным факторам риска возникновения трофических язв относят: возраст старше 50 лет, избыточная масса тела и урбанизация [2].

До настоящего времени нет единого подхода к лечению трофических язв. В терапии данного заболевания использую как консервативные, так и хирургические методы. К одному из консервативных методов лечения относят использование апитерапевтических средств. В литературе имеются многочисленные данные различного применения пчелиного яда. Последний использовали как при непосредственном ужалении пчёлами по периферии язв отступая от краёв на 5см, так и с помощью применения мази «Апилак». Апитоксин рекомендуется использовать не только в результате пчелоужаливания, но и в виде подкожных и внутримышечных инъекций в биологически активные точки. Возможно и применение данного средства при выполнении физиотерапевтических процедур (фоноорез, электрофорез, аппарат Фолля). В результате многочисленных исследований доказано, что апитоксин стимулирует репаративные процессы и повышает процессы рассасывания воспалительного вала вокруг изъязвления [3].

В качестве консервативного метода лечения трофических язв описано и применение оксида азота. А.Н. Плеханов в своем исследовании описывает эффективность использования аппарата «Плазон» в режиме стимулятор-коагулятор на расстоянии 15–20 см от поверхности раны на протяжении 10 минут. В результате данного исследования показано, что применение оксида азота на протяжении 10 сеансов приводит к улучшению микроциркуляции, создаёт дисбаланс между прооксидантной и антиоксидантной системами, стимулирует репаративный процесс [4].

В одном из исследований показано эффективность применения аутологичной плазмы обогащенной лизатом тромбоцитов. В результате данного исследования Исаева Т.Н. показала определенные успехи в заживлении длительно незаживающих язв, в том числе и у лиц с избыточной массой тела. Данный метод основан на том, что при разрушении мембраны тромбоцита в плазме крови появляются факторы роста, которые

активно стимулируют процессы миграции и пролиферации мезенхимальных стволовых клеток, отвечающих за регенерацию тканей [5]. М.А. Смагин в своём исследовании также показал эффективность использования плазмы, обогащенной тромбоцитами. Им отмечено, что двукратное введение аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, ускоряет процессы эпителизации трофической язвы [6].

О роли стволовых клеток в заживлении трофических язв в литературе описано достаточно много. Так Е. Баранов в своей статье описал использование стволовых клеток и светодиодную терапию. В данном научном труде отмечено эффективность комплексного использования локальной фототерапии и ауто-ММСК жировой ткани и установлено, что данная терапия обладает способностью ускорять процессы регенерации [7].

Немаловажным в лечении трофических язв отдаётся местному применению мазевых повязок с использованием в составе мазей компонентов, способствующих регенерации. К таким мазям относят: «Метиурациловая», «Офломелид», «Солкосерил», «Пантенол» и другие. Помимо использования мазевых повязок, свою эффективность показали и повязки на гидрогелиевой основе [8].

Наряду с местным применением лекарственных средств немаловажная роль отводится и методам применения компрессии. По данным полученным Маслаковой Н.Д., можно судить о эффективности использования модифицированной повязки Унна. В эксперименте доказано, что данный метод значительно сокращает сроки лечения с сохранением физической активности пациентов. Повязка Унна способствует созданию комфортной влажности и температуры кожных покровов, препятствуя проникновению инфекции [9].

Немаловажное значение в лечении трофической язвы отводится использованию вакуум-ассистирован-

ной терапии. И. Чумбуридзе в своей работе показал высокую лечебную роль вакуум терапии с использованием аппарата Vivano NPWT System с прерывистым режимом рабочего давления 125 мм.рт.ст. в течении 5 минут и 20 мм.рт.ст в течении 2 минут. Данное исследование показало, что вакуум-ассистированная терапия трофической язвы позволяет добиться более быстрого очищения раны и способствует ускоренной грануляции [10].

Среди хирургических вмешательств наиболее часто используется хирургическая обработка раны с некрэктомией путём соскабливания или воздействием водоструйным скальпелем. Помимо очищения раны, ряд авторов при трофических язвах, вызванных хронической венозной недостаточностью, советуют воздействовать и на звенья этиопатогенеза данного заболевания. Так О.С. Попов в своей работе предлагает при поверхностных малых трофических язвах ограничиться эндоскопической диссекцией перфорантных вен, а у пациентов с обширными ранами после подготовки поверхности использовать аутодермопластику [11].

Все методы терапии трофических язв, по нашему мнению, можно условно поделить на 3 группы:

1 группа — местные на рану: некрэктомия, использование мазей, применение озона, вакуум-ассистированная терапия и др.;

2 группа — компрессионная терапия: эластическая компрессия, сапожок Унна и др.;

3 группа — хирургические: венэктомия, аутодермопластика.

При анализе проводимой литературы можно сделать вывод, что трофическая язва достаточно сложное заболевание, которое плохо поддаётся лечению. В настоящее время нет единого алгоритма, который позволил бы добиться быстрого и стойкого успеха в терапии данного заболевания. Все перечисленные методы дают хороший результат при использовании в различных комбинациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев В.С. Флебология. Руководство для врачей. — М. — 2001. — 523с.
2. Довнар В.И. Трофические язвы: современные аспекты этиологии и патогенеза. Журнал ГРГМУ. — 2009. — № 4. — С. 3–6.
3. Дударев С.В. Применение апитоксина в лечении трофических язв. Научный альманах. — 2018. — № 12–2. — С. 88–95.
4. Плеханов А.Н. Патогенетическое значение оксида азота в лечении обширных диабетических трофических язв. Вестник Бурятского Государственного университета (Медицина и Фармацев). — 2018. — № 3–4. — С. 62–65.
5. Исаева Т.Н. Результаты лечения трофических язв различного генеза и локализации с помощью аутологичной плазмы обогащенной лизатом тромбоцитов. Гены и Клетки. — 2017. — Т. 12. № 3. — С. 106–107.
6. Смагин М.А. Алгоритм лечения трофических язв у пациента с сахарным диабетом на фоне хронической ишемии нижних конечностей. В книге: Лимфология: от фундаментальных исследований к медицинским технологиям. Материалы XIII международной научно-практической конференции памяти академика Ю.И. Бородина. — 2018. — С. 119–120.

7. Баранов Е. Лечение трофических язв с использованием светодиодной фототерапии стволовых клеток. Наука и инновации. — 2019. — № 2(192). — С. 70–75.
8. Жуков А.А. Варианты комплексного лечения пациентов с венозными трофическими язвами. В сборнике: Харизма моей хирургии. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященная 160-летию ГБУЗ ЯО «Городская больница им Семашко». Под редакцией А.Б. Ларищева. — 2018. — С. 400–403.
9. Маслакова Н.Д. Опыт применения компрессионной повязки в лечении трофических язв нижних конечностей. В сборнике: Современные технологии в хирургической практике. Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции под редакцией В.А. Снежицкий. — 2017. — С. 131–133.
10. Чумбуридзе И. Вакуум-ассистированная терапия трофических язв венозной этиологии. Врач. — 2016. — № 7. — С. 46–48.
11. Попов О.С. Комбинированный хирургический метод лечения венозных трофических язв нижних конечностей. Креативная хирургия и онкология. — 2011. — № 1. — С. 74–77.

© Николаев Алексей Николаевич (alexei.nikolaevn@yandex.ru), Яшнов Алексей Александрович,
Коновалова Ольга Геннадьевна, Ханина Юлия Сергеевна, Бурцева Мария Александровна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Чита

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abanin V. — Ryazan Guards Higher Airborne Command School
vlad-ac@mail.ru

Abdiyeva R. — Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
abdiyeva.rena@mail.ru

Ali-zade V. — Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
vm_alizade@yahoo.com

Bondarenko I. — Cardiologist, Doctor of Medical Sciences, Senior Research Officer, Endocrinology Research Centre, Moscow

Burtseva M. — Chita state medical Academy

Chaadaev K. — National Research University Bauman Moscow State Technical University
vkchaadaev@gmail.com

Chiskidov S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia»
chis69@mail.ru

Daeva S. — Candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Russian Technological University MIREA

Derbentseva T. — Candidate of Medical Sciences, docent, Volgograd State Medical University (Volgograd)
TVDerbentseva@volgmed.ru

Didenko G. — South Ural State Medical University "of the Ministry of Health of the Russian Federation (Chelyabinsk)
pga80@mail.ru

Egorov A. — PhD, Candidate in Physics and Mathematics, Moscow Institute of Physics and Technology

Ermakova T. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow City University (MCU)
ermaktat@bk.ru

Fadeeva M. — Endocrinologist, Endocrinology Research Centre, Moscow

Gasimova K. — Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
Xatira1987@gmail.com

Glukhovskiy E. — Junior Researcher, Moscow Institute of Physics and Technology
glukh.al@myrambler.ru

Hanina Yu. — Chita state medical Academy

Kamneva N. — Dentist, candidate of psychological sciences, associate professor, Tambov State University G.R. Derzhavin, Tambov
ni_kamneva@mail.ru

Karsanov A. — Candidate of Medical Sciences, docent, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
karsan@inbox.ru

Kasyuk S. — South Ural State Medical University "of the Ministry of Health of the Russian Federation (Chelyabinsk)
sergey.kasyk@gmail.com

Khudyakova N. — Candidate of Sciences (Biology), Gorno-Altaysk State University
Nch752@bk.ru

Kokaev R. — North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
sogma.rso@gmail.com

Konokpoeva L. — Gorno-Altaysk State University
konokpoeva92@gmail.com

Konovalova O. — Chita state medical Academy

Koreyba K. — Kazan State Medical University

Kultchiev A. — Doctor of Medical Sciences, professor, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Kutovoy S. — Ryazan Guards Higher Airborne Command School
kutovoys@mail.ru

Maskin S. — Doctor of Medical Sciences, professor, Volgograd State Medical University (Volgograd)
maskins@bk.ru

Maslennikov V. — Russian Technological University
MIREA
vldmsn@yahoo.com

Molodyakov S. — Doctor of technical Sciences, Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
molodyakov_sa@spbstu.ru

Naumov M. — Post-graduate student, Moscow City
University (MCU)
manaumoo@yandex.ru

Nikolaev A. — Clinical Medical Center of Chita
alexei.nikolaevn@yandex.ru

Parovatkina M. — Candidate of Medical Sciences, docent,
Volgograd State Medical University (Volgograd)
maskins@bk.ru

Pershin A. — Ryazan Guards Higher Airborne Command
School
Sima-per@rambler.ru

Petykina S. — Gorno-Altaysk State University
petunina-sveta@mail.ru

Remizov O. — Doctor of Medical Sciences, Rector of North
Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
oleg_remizov@mail.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor,
Moscow City University (MCU)
ox-rom@yandex.ru

Safonova O. — Candidate of Sciences (Agriculture),
Gorno-Altaysk State University
oksvarias@mail.ru

Salagaev A. — Graduate student, Peter the Great St.
Petersburg Polytechnic University
gitsartem@gmail.com

Seluto V. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical
University

Senina E. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical
University

Shlykov Yu. — Ryazan Guards Higher Airborne Command
School
shlykov76@mail.ru

Shmakova N. — Gorno-Altaysk State University
Nataliashmakova1998@gmail.com

Silina E. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical
University
silinaekaterina@mail.ru

Stepanova O. — South Ural State Medical University
"of the Ministry of Health of the Russian Federation
(Chelyabinsk)
okalst@mail.ru

Stukova O. — Senior teacher, Pacific State University,
Khabarovsk
olgastukova1@rambler.ru

Stupin V. — Pirogov Russian National Research Medical
University

Vasin V. — Pirogov Russian National Research Medical
University

Vengrzhinovskaya O. — Clinical-in-training
endocrinologist, Endocrinology Research Centre, Moscow
vengrzhinovskaya@gmail.com

Vishneva E. — Cardiologist of the highest category,
Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Ural State
Medical University; Chief Physician Family Clinic LLC,
Yekaterinburg
e.m.vishneva@mail.ru

Yagzhina V. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical
University

Yashnov A. — Chita state medical Academy

Yegorova E. — Ultrasound doctor, GAUZ SO GKB No. 14,
Yekaterinburg
kaat333@mail.ru

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 допускаются.
- ◆ 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).

