

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№6 2023 (ИЮНЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

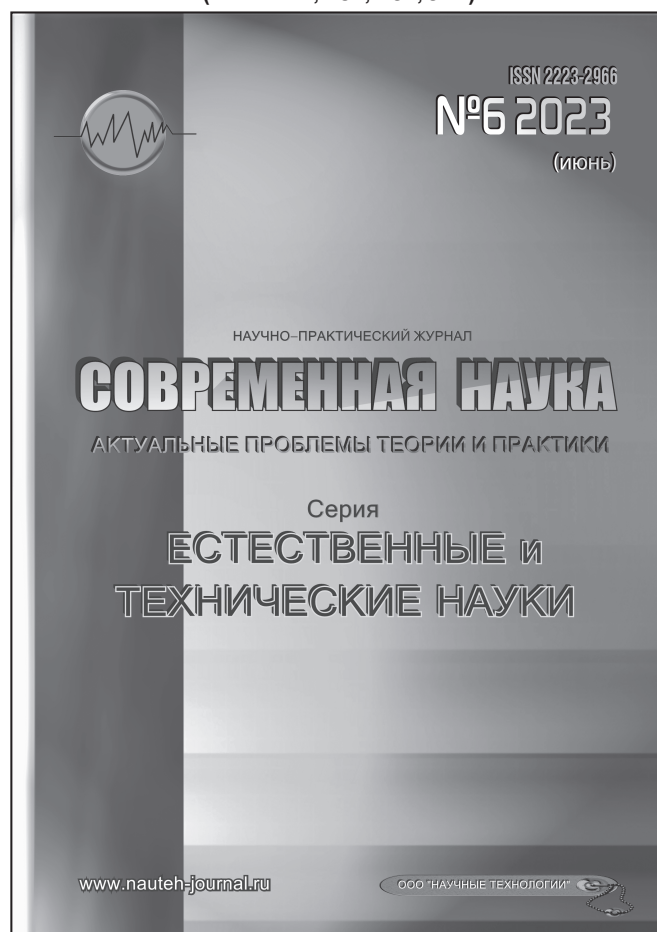
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК - 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.06.2023 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Царегородцев Анатолий Валерьевич — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет redaktor3@nauteh.ru

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Дзюбук И.М. — Рост и выживаемость молоди Радужной форели *Parasalmo mykiss* Wal. при выращивании в заливе Большое Онего Онежского озера (Карелия, Россия)

Dzyubuk I. — Growth and survival of rainbow trout *Parasalmo mykiss* Wal. when growing in the Bay of the Great Onego of the Onega Lake (Karelia, Russia).....7

Дмитриева Е.Л., Жердева С.В. — Необходимые дополнительные меры охраны редких видов Курской области, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, как одна из составляющих экологической безопасности

Dmitrieva E., Zherdeva S. — Necessary additional measures for the protection of rare species of the Kursk region listed in the Red book of the Russian Federation as one of the components of environmental safety.....13

Касумова Г.Д. — Исследование флоры территории отдельных южных районов Азербайджана

Gasimova G. — Study of the flora of some southern regions of Azerbaijan19

Перебора Е.А. — Экология вида *platanthera chlorantha* (custer) reichenb. (Orchidaceae) на Северо-Западном Кавказе

Perebora E. — Ecology of the *platanthera chlorantha* (cust) species reichenb. (Orchidaceae) in the North-Western Caucasus23

Пономарева Е.М., Осинкина Т.В., Кольчугина Г.Ф. — Снег как индикатор загрязнения окружающей среды города Магнитогорска: оценка количественного содержания токсикантов

Ponomareva E., Osinkina T., Kolchugina G. — Snow as an indicator of environmental pollution in the city of Magnitogorsk: evaluation of the quantitative content of toxicants29

Рагимова С.Н., Гадимов А.Г., Аббасова З.И., Ганизаде С.И. — Изменение морфофизиологических показателей сои в зависимости от участия молибдена и NaCl

Ragimova S., Gadimov A., Abbasova Z., Ganizade S. — Changes in morpho-physiological indicators of soybean depending on the participation of molybdenum and NaCl34

Тищенко В.П., Мищенко О.А. — Экология и производство малотоксичных древесно-стружечных плит из лиственницы на основе лигносульфонатов

Tishchenko V., Mishchenko O. — Ecology and production of low-toxic chipboards from larch based on lignosulfonates39

Шаов М.Т., Пшикова О.В., Суншева Б.М., Шугушева Л.Х., Аккизов А.Ю. — Управление кислородным режимом растения с помощью искусственных сигналов информационно-интеллектуального континуума нейрона

Shaov M., Pshikova O., Sunsheva B., Shugusheva L., Akkizov A. — Control of the oxygen regime of the plant using artificial signals of the information-intellectual continuum of the neuron.....45

Шестель А.А., Гаврецкая А.В., Молодкина Н.Р., Николаев Е.М., Наумов И.А. — Компостируемые материалы нового поколения и методы их оценки

Shestel A., Gavretskaya A., Molodkina N., Nikolaev E., Naumov I. — New generation compostable materials and methods for its evaluation.....52

Информатика и вычислительная техника и управление

Аль-Обайди Амир Мохаммед Жасим, Аль-Маави Хайдер Муайад Ахмед, Аль-Жанзир Муниф Зуалфекар, Заливин А.Н. — Повышение энергоэффективности беспроводной сенсорной сети на основе адаптивного планирования времени работы узлов

Al-Obaidi Ameer Mohammed Jasim, Al-Maawi Hayder Muayad Ahmed, Al-Janzeer Munif Zualfekar, Zalivin A. — Increasing the energy efficiency of a wireless sensor network based on adaptive planning of the node operation time.....57

- Борzych Н.Ю., Смоленцева Т.Е., Смирнов М.В.** — К вопросу управления входным набором критериев при выборе стратегии проектирования корпоративных информационных систем
Borzykh N., Smolentseva T., Smirnov M. — On the issue of managing the input set of criteria when choosing a strategy for designing corporate information systems61
- Голя Р.Д.** — Автоматизация диафрагмы для снижения дозовой нагрузки
Golya R. — Automation of the diaphragm to reduce dose load68
- Гончаров А.В., Братцев К.Е., Остапенко А.Е.** — Проектирование системы контроля и управления освещением и температурным режимом в административном здании предприятия
Goncharov A., Brattsev K., Ostapenko A. — Designing a system for monitoring and controlling lighting and temperature conditions in the administrative building of the enterprise72
- Горячкин Б.С., Петренко А.С.** — Применение теории цепей Маркова для моделирования деятельности человека-оператора в контуре управления системы «человек-машина»
Goryachkin B., Petrenko A. — Application of Markov chains theory to modeling of human-operator activity in control loop of human-machine system76
- Горячкин Б.С., Можяев Д.В., Андрианов А.А.** — Сравнительный анализ различных форматов изображения в контексте веб приложения
Goryachkin B., Mozhaev D., Andrianov A. — Comparative analysis of different image formats in the context of a web application.83
- Григорьев В.В.** — Методика создания консистентных и гибких иконок для пользовательского интерфейса
Grigoriev V. — Methodology for creating consistent and flexible icons for the user interface.92
- Ермолатий Д.А.** — Разработка методов и средств системного моделирования для обработки нормативно-правовой информации в области управления реабилитацией и абилитацией инвалидов и детей-инвалидов в РФ
Ermolatiy D. — Development of methods and means of system modeling for processing regulatory and legal information in the field of rehabilitation and habilitation management of disabled people and disabled children in the Russian Federation97
- Ершов В.В., Тетруашвили Е.В.** — Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем
Ershov V., Tetruashvili E. — Mathematical and computer modeling of natural science and social problems 102
- Иванов Г.О., Каменских А.Н., Южаков А.А.** — Проблема обеспечения информационной безопасности роботизированных систем: программные роботы
Ivanov G., Kamenskikh A., Yuzhakov A. — The problem of information security of robotic systems: software robots. 107
- Коровин Е.Н., Кривоносова М.В.** — Методология оценки статистических показателей эффективности использования коечного фонда санаторно-курортной организации
Korovin E., Krivonosova M. — Methodology for evaluating statistical indicators of the efficiency of using the bed fund of a sanatorium-resort organization 112
- Кузминский К.В., Ряйсянен Т.Н., Уленгова Т.Г.** — Использование простейших математических функций и геометрических зависимостей в разработке видеоигр
Kuzminsky K., Ryasyanen T., Ulengova T. — Using simple mathematical functions and geometric dependences in video game development 117
- Куликов А.А., Кравцова Е.Ю., Платошин А.И.** — Анализ трафика Даркнета вредоносных программ IoT с помощью ассоциативных правил
Kulikov A., Kravtsova Ye., Platoshin A. — Analysis of IoT malware DarkNet traffic using associative rules 122
- Назаров А.А., Хахина А.М., Власов Ю.Н.** — Инструментарии многомерных баз данных
Nazarov A., Khakhina A., Vlasov Yu. — Multi-dimensional database tools. 128

Пиманов А.Е. — Разработка алгоритма для противодействия спаму в беседах ВКонтакте
Pimanov A. — Development of an algorithm to counter spam in VKontakte conversations 133

Пиманов А.Е. — Разработка платформы для координации научных конференций
Pimanov A. — Development of a platform for the coordination of scientific conferences 137

Русаков А.М., Горин Д.С., Лисютенко А.С., Долженков С.С., Карев А.Д., Астафьев И.А. — Интеллектуальный анализ работы хранилища данных GreenPlum на основе обработки лог-файлов
Rusakov A., Gorin D., Lisyutenko A., Dolzhenkov S., Karev A., Astafyev I. — Intelligent analysis of the GreenPlum data warehouse based on log file processing 142

Русаков А.М., Корягин С.В., Селиванова Е.А., Якунина А.А., Прусова Е.А., Тепсикоев С.А. — Современные методы и алгоритмы анализа дактилоскопических изображений в сфере информационной безопасности
Rusakov A., Koryagin S., Selivanova E., Yakunina A., Prusova E., Tepsikoev S. — Modern methods and algorithms of fingerprint image analysis in the field of information security 150

Сафин М.А., Мавлеев Р.Р., Казиханов А.Р. — Видеомониторинг загруженности столовой с помощью IP-камеры
Safin M., Mavleev R., Kazikhanov A. — Video monitoring of the canteen's workload using an IP camera 159

Ступаков В.Я. — Комплексный подход к повышению эффективности систем управления воздушных судов
Stupakov V. — An integrated approach to improving the efficiency of aircraft control systems 164

Филатов В.В., Корягин С.В., Кряжин А.А., Андреев А.Г., Русаков А.М. — Программное средство чат-бота для поиска неструктурированных текстовых данных на основе технологии Docker
Filatov V., Koryagin S., Kryazhin A., Andreev A., Rusakov A. — Chatbot software tool for searching unstructured text data based on Docker technology 168

Клиническая медицина

Агеев К.В. — Нарушение вегетативной нервной системы как одно из последствий основного заболевания «Целиакия»

Ageev K. — Violation of the autonomic nervous system as one of the consequences of the underlying disease «Celiac disease» 174

Агеев К.В. — Резистентная целиакия. Клинический случай и обзор литературы
Ageev K. — Resistant celiac disease. Case report and literature review 179

Ачех Т.В., Бердыш Д.С. — Обезболивающая помощь амбулаторным онкологическим больным
Aceh T., Berdysh D. — Analgesic care for outpatient cancer patients 184

Базылев В.В., Бабуков Р.М., Карнахин В.А., Бартош Ф.Л., Лёвина А.В. — Отдаленные результаты протезирования аортального клапана биологическим протезом и аутоперикардом по методике Ozaki у пациентов с выраженным аортальным стенозом с низким потоком и низким трансаортальным градиентом давления со сниженной фракцией выброса
Bazylev V., Babukov R., Karnakhin V., Bartosh F., Levina A. — Long-term results of aortic valve replacement with a biological prosthesis and autopericardium according to the Ozaki technique in patients with severe aortic stenosis with low flow and low transaortic pressure gradients with reduced ejection fractions 188

Бордан Н.С., Яшков Ю.И. — Сравнительная 5-ти летняя оценка результатов хирургического лечения морбидного ожирения и сопутствующей патологии с применением современных модификаций билиопанкреатического шунтирования
Bordan N., Yashkov Yu. — Comparative 5-year evaluation of the results of surgical treatment of morbid obesity and comorbidities using modern modifications of biliopancreatic diversion 194

Гараев Р.Р. — Современные подходы к диагностике и лечению рака легкого
Garaev R. — Current approaches to the diagnosis and treatment of lung cancer 200

- Комаров Р.Н., Нуждин М.Д., Мацуганов Д.А., Быстров Д.О.** — Эффективность и безопасность выполнения процедуры криоабляции в сочетании с коррекцией порока митрального клапана: систематический обзор и метаанализ
Komarov R., Nuzhdin M., Matsuganov D., Bystrov D. — Efficacy and safety of cryoablation procedure in combination with mitral valve defect correction: a systematic review and meta-analysis 204
- Комаров Р.Н., Нуждин М.Д., Мацуганов Д.А., Быстров Д.О.** — Криоабляция кавотрикуспидального перешейка как один из ключевых этапов процедуры «лабиринт»
Komarov R., Nuzhdin M., Matsuganov D., Bystrov D. — Cavotricuspid isthmus cryoablation is as one of the main stage for the cox-maze procedure 210
- Костенко О.Ю., Кунгуров С.В., Глуговская Е.М.** — Необходимость лечения первого моляра после депульпирования путем протезирования искусственными коронками
Kostenko O., Kungurov S., Glugovskaya E. — The necessity of indirect restoration of the first molars after depulnation..... 216
- Рябов А.Ю., Ибрагимова А.Р., Иванова Т.В., Целкович Л.С., Балтер Р.Б., Тюмина О.В., Ильченко О.А.** — Прогнозирование осложнений беременности и родов у женщин с ГСД
Ryabov A., Ibragimova A., Ivanova T., Tselkovich L., Balter R., Tyumina O., Ilchenko O. — Prediction of pregnancy complications and delivery in women with GDM. 219
- Суздальцев С.Е., Сулиманов Р.А., Суковаткин С.И., Суздальцева О.Н., Тиндикова С.А.** — Влияние хирургического доступа на результаты открытых реконструкций аорто-бедренного сегмента у пациентов с различными параметрами конституции
Suzdaltsev S., Sulimanov R., Sukovatkin S., Suzdaltseva O., Tindikova S. — The effect of surgical access on the results of open reconstructions of the aorto-femoral segment in patients with different parameters of the constitution..... 223
- Трофименко Ю.Г., Завьялов А.А., Степанянц Н.Г., Панасенко В.А.** — Примитивные нейроэктодермальные опухоли в структуре сарком мягких тканей
Trofimenko Yu., Zavyalov A., Stepanyants N., Panasenko V. — Primitive neuroectodermal tumors in the structure of soft tissue sarcomas 229

РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ PARASALMO MYKISS WAL. ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ЗАЛИВЕ БОЛЬШОЕ ОНЕГО ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)

Дзюбук Ирина Михайловна

кандидат биологических наук, доцент,
Петрозаводский государственный университет
ikrup69@mail.ru

GROWTH AND SURVIVAL OF RAINBOW TROUT PARASALMO MYKISS WAL. WHEN GROWING IN THE BAY OF THE GREAT ONEGO OF THE ONEGA LAKE (KARELIA, RUSSIA)

I. Dzyubuk

Summary: The article presents the results on the growth and survival of rainbow trout *Parasalmo mykiss* Wal., obtained from producers from the Kaluga region (Russia), in the Great Onego Bay of Onega Lake (Karelia). The conditions (temperature, oxygen) for growing rainbow trout were generally favorable, in June they were close to optimal, but in May and some days of July they were close to critical values. Under these conditions, the absolute weight gain was 220 g for yearlings and 520 g for two-year-olds. The intensity of mass accumulation was greater in yearlings than in two-year-olds. The absolute increase in the mass of rainbow trout was greatest in June, under optimal temperature and oxygen conditions of the aquatic environment of the Great Onego Bay. The survival rate of rainbow trout was high (96.6–99.9 %). The decrease in the survival rate of rainbow trout yearlings in May is probably due to low water temperatures. Correlation analysis showed a high degree of relationship between growing conditions (temperature, oxygen) and the mass of rainbow trout. An effective increase in mass and a high survival rate of rainbow trout are possible under optimal and close to them temperature and oxygen conditions of the aquatic environment of the Great Onego Bay of Onega Lake. A decrease in absolute weight gain and survival of rainbow trout is observed when the water temperature and oxygen content in water change to values close to critical.

Keywords: cage fish farming, rainbow trout, weight, absolute weight gain, survival rate, Onega Lake

Аннотация: В статье представлены результаты по росту и выживаемости радужной форели *Parasalmo mykiss* Wal., полученной от производителей, выращенных в Калужской области (Россия), в заливе Большое Онего Онежского озера (Карелия). Условия (температурные, кислородные) выращивания радужной форели были в целом благоприятными, в июне были близки к оптимальным, в мае и отдельные дни июля — близки к критическим значениям. В этих условиях абсолютный прирост массы годовиков — 220 г, двухгодовиков — 520 г. Интенсивность накопления массы была больше у годовиков, чем у двухгодовиков. Абсолютный прирост массы радужной форели был наибольшим в июне, при оптимальных температурных и кислородных условиях водной среды залива Большое Онего. Выживаемость радужной форели была высокая (96,6–99,9 %). Снижение выживаемости годовиков радужной форели в мае, вероятно, связано с низкой температурой воды. Корреляционный анализ показал высокую степень связи условий (температура, кислород) выращивания и массой радужной форели. Эффективное увеличение массы и высокая выживаемость радужной форели, возможны при оптимальных и близких к ним температурных и кислородных условиях водной среды залива Большое Онего Онежского озера. Снижение абсолютных приростов массы и выживаемости радужной форели наблюдается при изменении температуры воды и содержания кислорода в воде до значений близких к критическим.

Ключевые слова: садковое рыбоводство, радужная форель, масса, абсолютный прирост массы, выживаемость, Онежское озеро.

В настоящее время аквакультура является стабильно и динамично развивающейся отраслью хозяйствования в России. Карелия остается одним из ведущих производителей продукции садковой аквакультуры на северо-западе России.

Интенсивное развитие садкового рыбоводства в Карелии началось с 1990 годов, когда ежегодно производили до 1 тыс. т рыбной продукции. Далее шло наращивание объемов производства, в 2000 г. — до 1700 т, в 2010 г. — более 10 тыс. т, а в 2020 г. — более 35 тыс. т. В настоящее время темп производства не снижается, а потенциал и возможности для дальнейшего развития садковой аквакультуры в Карелии значительны [4, 8; 11].

Для успешного выращивания радужной форели и получения необходимых объемов товарной продукции

важно использовать качественный посадочный материал. От качества посадочного материала, от условий его подращивания в водоемах Карелии во многом зависит конечный результат получения продукции. Поэтому в настоящее время актуальны работы по изучению эффективности выращивания посадочного материала радужной форели в различных условиях выращивания [1; 3; 6; 9].

В садковых хозяйствах Карелии рыбноводы используют посадочный материал, полученный на собственных хозяйствах и молодь, полученную от производителей, выращенных на различных хозяйствах России. Поэтому важным является изучение эффективности выращивания качественного посадочного материала радужной форели, полученного из различных хозяйств России, в условиях внутренних водоемов Карелии.

В связи с этим целью наших исследований было — оценить рост и выживаемость молоди радужной форели *Parasalmo mykiss* Wal., полученной от производителей, выращенных в Калужской области России, в условиях залива Большое Онего Онежского озера (Карелия).

Материалы и методики исследования

Исследования проводили в весенне-летний период (май–июнь) 2021 года на форелевом хозяйстве, расположенном в заливе Большое Онего Онежского озера (Медвежьегорский район). Хозяйство относится к категории полносистемных с двухлетним циклом выращивания товарной продукции.

Залив Большое Онего находится в северо-западной части Онежского озера. Берега залива высокие, поросшие смешанным лесом. На западной стороне залива находятся Ивановские острова, отделяющие залив от Петрозаводской губы, на восточной стороне — вход в Кижские шхеры (остров Большой Клименецкий). Площадь поверхности залива составляет 1010 км², средняя глубина около 42 м, а наибольшая глубина — 120 м [7].

Материалом для исследований были годовики и двухгодовики радужной форели *Parasalmo mykiss* Wal., полученные от производителей, выращенных в Калужской области. Исследования проводились на двух площадках. На первой площадке (садок № 1) выращивали годовиков радужной форели, на второй площадке (садок № 2) выращивали двухгодовиков. Всего было исследовано (морфологический анализ и выживаемость) годовиков и двухгодовиков радужной форели по 250 шт.

В ходе исследований роста и выживаемости радужной форели оценивали температуру воды и содержание растворенного в воде кислорода. Контроль этих параметров ведется на хозяйстве в постоянном режиме.

Кормление молоди рыб проводили механическим методом, с помощью пневмокормушки. Использовали экструдированный корм Optiline фирмы Scretting. Размер корма и режим кормления выбирали в зависимости от массы рыбы и согласно рекомендациям производителя корма. Количественный учет рыбы и её сортировку проводили еженедельно при помощи сачков.

Для определения темпа роста рыб проводили их взвешивание раз в неделю, использовали весовой метод. По результатам взвешивания рассчитывали величину абсолютного прироста рыб.

Для оценки выживаемости рыб ежедневно (2 раза в день) отбирали погибших особей (отход) из садков при помощи сачков. Подсчитывали общее количество отхода за день.

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных методов вариационной статистики в программе Microsoft Excel [13]. Полученные результаты динамики массы молоди радужной форели и выживаемости при изменении температуры и концентрации кислорода в воде Кондопожской губы Онежского озера были обработаны методом корреляции Спирмена в программе Past 4.11.

Результаты и обсуждение

Температура воды на площадке № 1 изменялась за весь период от 2 до 25 °С и на площадке № 2 была в пределах 2,2 — 25,1 °С (рис. 1). Известно, что благоприятные для выращивания форели температуры находятся в пределах от 8 до 18 °С, оптимальные значения от 13 до 15 °С [10; 12]. В мае и в первой половине июня температура воды не достигала оптимальных значений и была на площадке № 1 в пределах 2,0 °С — 7,2 °С и на площадке № 2 изменялась от 2,2 до 12,0 °С. В середине июня температура воды была в зоне оптимальных и близких к ним значений на площадке № 1 в пределах 12,8–18,6 °С, а на площадке № 2 в диапазоне 10,5 — 19,1 °С. Большую часть июля температура воды была выше оптимальной и достигала в отдельные дни на площадках — 25,0–25,1 °С, что было близко к критическим значениям (27 °С) и могло неблагоприятно отразиться на питании и росте рыбы. При повышенных температурах воды снижается эффективность использования пищи на рост рыб и возрастает риск возникновения заболеваний [5].

Содержание кислорода в воде на площадке № 1, где выращивали годовиков, изменялось за весь период от 7,0 до 15,6 мг/л и на площадке № 2 — от 6,6 до 16,2 мг/л. Известно, что радужная форель требовательна к содержанию растворенного в воде кислорода, особенно чувствительна молодь. Благоприятное для выращивания форели содержание кислорода составляет более 6,5 мг/л, критические — 3,8–4,6 мг/л, а летальные — 0,6–1,5 мг/л [2]. В мае и первой половине июня содержание кислорода в воде было высокое, на площадках № 1 изменялось в пределах от 13,2 до 15,6 мг/л и на площадке № 2 — от 13,9 до 16,2 мг/л. Затем в июне, при повышении температуры воды до оптимальных значений, наблюдалось снижение содержания кислорода в воде до 8,1 мг/л (площадка № 1) и до 8,6 мг/л (площадка № 2). В июле наблюдалось снижение содержания кислорода даже до 7 мг/л (площадка № 1) и 6,6 мг/л (площадка № 2), что было близко к критическим значениям. Но к концу июля содержание кислорода в воде повысилось до 11,4 мг/л (площадка № 1) и 11,3 мг/л (площадка № 2), что являлось благоприятным для выращивания радужной форели.

Масса годовиков радужной форели (площадка № 1) с мая по июль увеличилась в среднем с 70 г до 290 г (табл. 1, рис. 1). В мае масса годовиков была в пределах

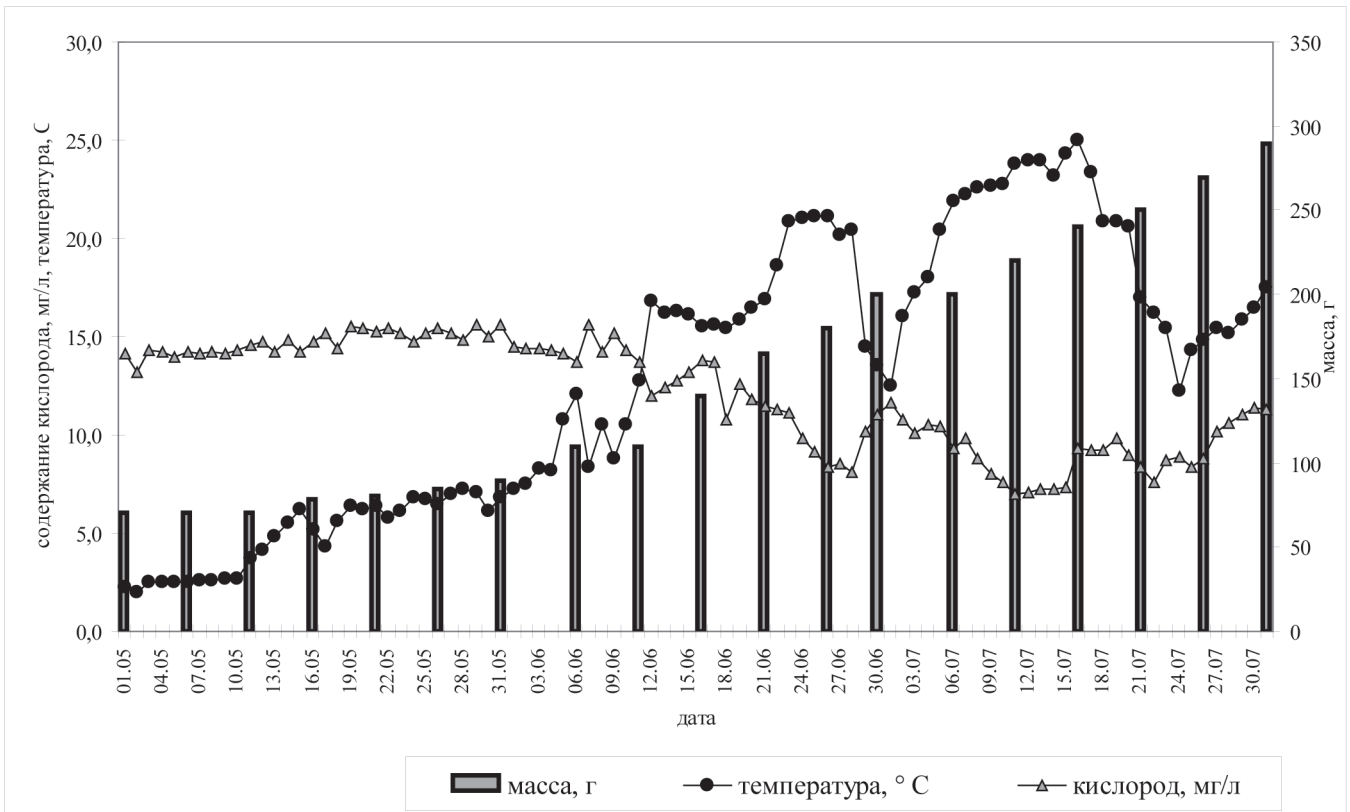


Рис. 1. Изменение массы годовиков радужной форели в заливе Большое Онего Онежского озера (площадка № 1), 2021

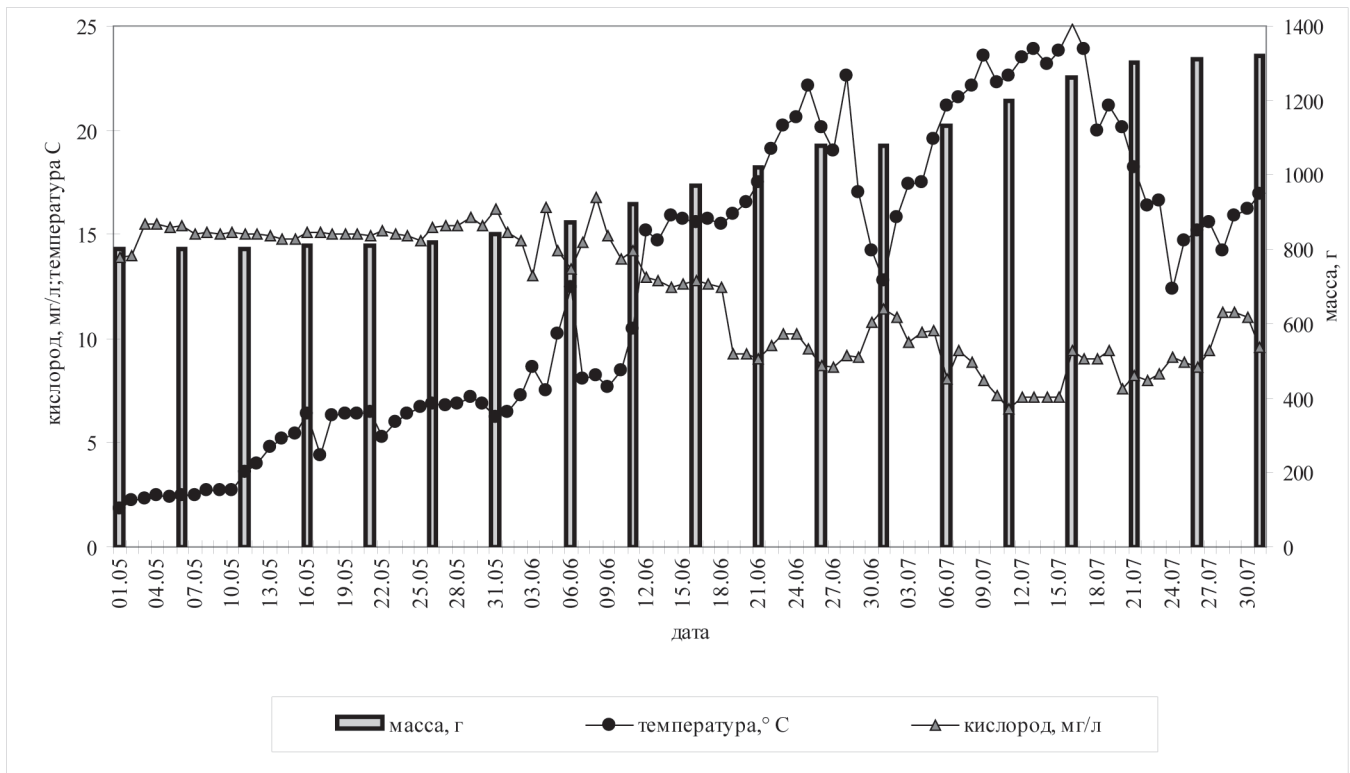


Рис. 2. Изменение массы двухгодовиков радужной форели в заливе Большое Онего Онежского озера (площадка №2), 2021

70–90 г. В июне начался усиленный рост годовиков, масса увеличилась до 200 г, а в июле — до 290 г. В целом за весь период исследований масса годовиков радужной форели увеличилась в 4,1 раза. Максимальные абсолютный и относительный приросты массы рыб наблюдались в июне, а минимальные — в мае.

Масса двухгодовиков радужной форели (площадка № 2) с мая по июль изменилась в среднем от 800 г до 1320 г (в 1,7 раза) (табл. 1, рис. 2). В мае отмечалось незначительное увеличение массы рыб до 840 г. В июне и июле масса двухгодовиков увеличилась до 1080 г и 1320 г соответственно. За весь период исследования масса двухгодовиков радужной форели увеличилась в 1,7 раза. Наибольшие абсолютный и относительный приросты массы рыб были отмечены в июне и июле, а минимальные также как и у годовиков — в мае.

Таблица 1.

Динамика массы молоди радужной форели в заливе Большое Онего Онежского озера, 2021 г.

МЕСЯЦ	МАССА, Г	
	ПЛОЩАДКА №1	ПЛОЩАДКА №2
МАЙ	70–90	800–840
ИЮНЬ	110–200	870–1080
ИЮЛЬ	200–290	1080–1320

Таким образом, в мае, когда температура воды была ниже оптимальных значений, а содержание кислорода в воде было высокое, абсолютный прирост массы рыб был незначительным, годовиков — не более 20 г, двухгодовиков — не более 40 г. В июне, при увеличении температуры воды до оптимальных значений и снижении содержания кислорода в воде, наблюдали максимальное увеличение абсолютного прироста массы радужной форели на обеих площадках, годовиков — 110 г, двухгодовиков — 240 г. А в июле, при увеличении температуры воды до значений близких к критическим и снижении содержания кислорода в воде также до значений близких к критическим, абсолютный прирост массы годовиков снизился до 90 г, а прирост массы двухгодовиков остался на прежнем уровне — 240 г.

Полученные в ходе исследований результаты динамики массы радужной форели при изменении температуры воды и содержания кислорода в воде залива Большое Онего Онежского озера были обработаны методом корреляции Спирмена. При этом учитывали, что температура воды увеличивалась на протяжении периода выращивания от 1,8 до 25,1 °С, а содержание кислорода изменялось в пределах 6,6–16,2 мгО₂/л. Рассчитанные значения коэффициента корреляции свидетельствуют о высокой степени связи массы форели с температурой воды и содержанием кислорода в воде (табл. 2). При уве-

личении температуры воды происходит увеличение массы молоди, а при увеличении массы рыбы, происходит уменьшение содержания кислорода (отрицательное значение коэффициента) (табл. 2).

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции Спирмена по результатам исследования динамики массы молоди радужной форели и условий в заливе Большое Онего Онежского озера, 2021 г.

ПАРАМЕТР/ФАКТОР	ПЛОЩАДКА № 1		ПЛОЩАДКА № 2	
	RS	P	RS	P
МАССА/ТЕМПЕРАТУРА	0,891	<0,001	0,862	<0,001
МАССА /КИСЛОРОД	-0,861	<0,001	-0,763	<0,001

Выживаемость радужной форели за весь период исследований на обеих площадках была высокой (табл. 3). Максимальное количество отхода годовиков (площадка № 1) было зафиксировано в мае, когда выживаемость составила 96,6 %. В июне и июле выживаемость годовиков была высокая, более 99 %. Максимальная выживаемость двухгодовиков (площадка № 2) была отмечена в июне и составила 99,8 %. В мае и июле количество отхода двухгодовиков увеличилось и выживаемость составила 98,9 %.

В целом за весь период исследования уровень выживаемости годовиков и двухгодовиков радужной форели был на высоком уровне, что указывает на достаточно благоприятные условия выращивания радужной форели в заливе Большое Онего Онежского озера в весенне-летний период. Некоторое увеличение отхода годовиков в мае может свидетельствовать о большей чувствительности их к действию низких температур воды, по сравнению с двухгодовиками.

Таблица 3.

Выживаемость молоди радужной форели в заливе Большое Онего Онежского озера, 2021 г. (%)

МЕСЯЦ	ВЫЖИВАЕМОСТЬ, %	
	ПЛОЩАДКА № 1	ПЛОЩАДКА № 2
МАЙ	96,6	98,9
ИЮНЬ	99,6	99,8
ИЮЛЬ	99,1	98,9

Заключение

В Карелии форелеводство является динамично развивающейся отраслью хозяйствования с перспективой дальнейшего наращивания объемов производства. В связи с этим продолжается исследование эффективности выращивания в водоемах Карелии посадочного материала радужной форели, полученного из различных

хозяйств России. От качества посадочного материала, от условий его подращивания в карельских водоемах во многом зависит конечный результат получения рыбной продукции.

В наших исследованиях была проведена оценка роста и выживаемости радужной форели из отечественного (Калуга, Россия) посадочного материала в условиях залива Большое Онего Онежского озера.

Условия водной среды залива Большое Онего Онежского озера были в целом благоприятны для выращивания радужной форели в весенне-летний период 2021 года. Температура воды за весь период исследований была в пределах 2,0–25,1°C, содержание растворенного кислорода в воде изменялось от 6,6 до 16,2 мг/л. В этих условиях выращивания абсолютный прирост массы тела годовиков радужной форели составил 220 г и двухгодовиков — 520 г. Интенсивность накопления массы была больше (масса увеличилась в 4,1 раза) у годовиков радужной форели, по сравнению с двухгодовиками (масса увеличилась в 1,7 раза).

При температуре воды близкой к нижним критическим значениям (2,0–2,2 °C) и высоком содержании растворенного кислорода в воде (13,2–16,2 мг/л) абсолютный прирост массы радужной форели был минимальным — 20 г (годовики) и 40 г (двухгодовики). Когда температура воды достигла оптимальных и близких к ним значений (10,5–19,1 °C) и содержание растворенного кислорода в воде оставалось высоким (8,1–13,9 мг/л), был отмечен максимальный абсолютный прирост массы радужной форели — 110 г (годовики) и 240 г (двухгодовики). При дальнейшем увеличении температуры воды (до 25,0–25,1°C) и снижении содержания кислорода

в воде (менее 6,5 мг/л) абсолютный прирост массы годовиков снизился до 90 г, а двухгодовиков остался 240 г.

Корреляционный анализ показал высокую степень связи массы радужной форели с температурой воды и содержанием растворенного кислорода в воде. При увеличении температуры воды происходит увеличение массы радужной форели, следовательно, увеличивается потребление рыбами кислорода, растворенного в воде, и соответственно уменьшается его содержание в воде.

Выживаемость радужной форели за весь период исследований была высокая (96,6–99,8 %). Увеличению отхода (до 3,4 %) годовиков радужной форели могла способствовать низкая температура воды.

Таким образом, результаты исследований показали, что эффективное увеличение массы и высокая выживаемость радужной форели, полученной от производителей, выращенных в Калуге, возможны при оптимальных и близких к ним температурных и кислородных условиях водной среды залива Большое Онего Онежского озера. При температуре воды в заливе ниже оптимальных значений и высоком содержании кислорода в воде наблюдаются низкий абсолютный прирост массы как годовиков, так и двухгодовиков радужной форели и низкая выживаемость годовиков. При повышении температуры воды в заливе выше оптимальных значений и снижении содержания кислорода в воде происходит уменьшение абсолютного прироста массы годовиков радужной форели, но остаются на высоком уровне абсолютный прирост массы двухгодовиков и выживаемость радужной форели.

Выражаем благодарность за помощь в сборе материала Артему Александровичу Цацину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айткалиева А.А., Альпеисов Ш.А., Ибажанова А.С. Сравнительная оценка морфофункционального состояния рыбопосадочного материала и товарной радужной форели при использовании кормов с добавлением препарата пробиотического действия. Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство, 1, 2020. С. 131–137.
2. Дзюбук И.М., Рыжков Л.П. Рост молоди радужной форели в садковых хозяйствах Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер.: Естественные и технические науки. 2014. № 2 (139). С. 11–14.
3. Зеленников О.В., Голод В.М. Гаметогенез радужной форели *Parasalmo mykiss*, выращенной от вылупления до полового созревания при температуре около 20°C. Вопросы ихтиологии, 59(1). 2019. С. 68–79.
4. Концепция развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Республики Карелия до 2025 года в рамках актуализации «Стратегии социально-экономического развития Республики Карелия до 2020 года». Изд-во Министерство сельского, рыбного и охотничьего хозяйства Республики Карелия, Петрозаводск, 2017. 59 с.
5. Кучко Т.Ю., Дзюбук И.М. Садковое форелеводство // Учеб. пособие. Садковое форелеводство: учебное электронное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов / Т.Ю. Кучко, И.М. Дзюбук; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозавод. гос. ун-т. — Электрон. дан. — Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2016. — 1 электрон. опт. Диск (CD-R); 12 см. — Систем. требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Windows, MAC OSX; 256 Мб; видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше; графический ускоритель (опционально); мышь или другое аналогичное устройство. — Загл. с этикетки диска.

6. Кушникова Л.Б., Ануарбеков С.М., Бадрылова Н.С. Эффективность выращивания посадочного материала радужной форели в разнотипных рыбоводных хозяйствах. Мат. Всерос. науч.-прак. конф. «Водные биоресурсы и аквакультура Юга России», 2018. С. 354–358.
7. Озёра Карелии / Александров Б.М., Зыцарь Н.А., Новиков П.И., Покровский В.В., Правдин И.Ф. Петрозаводск: Госиздат Карельской АССР, 1959. С. 86–135.
8. О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации: информ. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 164 с. ISBN 978-5-7367-1613-5
9. Портная Т.В., Овсянкина Е.В., Прокопчик В.А. Artemia salina в стартовом кормлении рыбопосадочного материала радужной форели. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства, 22-2. 2019. С. 77–84.
10. Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю., Дзюбук И.М. Основы рыбоводства. Учебник. С-Пб.: изд-во Лань, 2011. 487с.
11. Рыжков Л.П., Дзюбук И.М. Экологическая безопасность садкового рыбоводства. Петрозаводск:ПетрГУ, 2014. 98 с.
12. Рыжков Л.П., Дзюбук И.М., Корень О.Н., Полина А.В. Нормирование выращивания посадочного материала радужной форели в садках. Учебное пособие. Петрозаводск: ПетрГУ. 2014. 41 с.
13. Элементарная биометрия: учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. /Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. 110 с.

© Дзюбук Ирина Михайловна (ikgur69@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.06.14

НЕОБХОДИМЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ ОХРАНЫ РЕДКИХ ВИДОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ, ЗАНЕСЕННЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, КАК ОДНА ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

NECESSARY ADDITIONAL MEASURES FOR THE PROTECTION OF RARE SPECIES OF THE KURSK REGION LISTED IN THE RED BOOK OF THE RUSSIAN FEDERATION AS ONE OF THE COMPONENTS OF ENVIRONMENTAL SAFETY

**E. Dmitrieva
S. Zherdeva**

Summary: The materials of the article provide data from the results of the survey of the valley of the rivers Svapa, Tuskar and Krivets (Dnieper basin), Grayvoronka and Oskol (Don basin) within the Kursk region. The species in need of special protection measures at the regional level have been identified, since they have the conservation status of vulnerable at the federal and international levels.

Keywords: specially protected species and territories, priority of environmental protection measures, landscapes and natural (physical and geographical) areas, plant communities, faunal complexes, animal species listed in the Red Book of the Russian Federation, *Anax imperator* Leach, 1815, common deer beetle *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758), bronze smooth *Protaetia scissisima* (Scopoli, 1786), Ukrainian lamprey *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931), cutout *Rutilus frisii frisii* (Nordman, 1840), black stork *Ciconia nigra* (Linnaeus, 1758), osprey *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758), Snake-eater *Circaetus gallicus* (J.F. Gmelin, 1788), white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758), small tern *Sterna albifrons* (Pallas, 1764), common turtledove *Streptopelia turtur* (Linnaeus, 1758).

Дмитриева Екатерина Леонидовна
кандидат биологических наук, доцент,
Курский государственный университет
sv-dmitr@yandex.ru

Жердева Светлана Владимировна
кандидат биологических наук, доцент,
инженер по охране окружающей среды (эколог),
областное казенное учреждение
«Дирекция по управлению особо охраняемыми
природными территориями Курской области»
s.v.zherdeva@gmail.com

Аннотация. В материалах статьи приводятся данные результатов обследования долины рек Свапа, Тускар и Кривец (бассейн Днепра), Грайворонка и Оскол (бассейн Дона) в пределах Курской области. Выявлены виды, нуждающиеся в специальных мерах охраны на региональном уровне, поскольку имеют природоохранный статус уязвимых на федеральном и международном уровнях.

Ключевые слова: особо охраняемые виды и территории, приоритет природоохранных мер, ландшафты и природные (физико-географические) районы, растительные сообщества, фаунистические комплексы, виды животных, занесенные в Красную книгу РФ, дозорщик-император *Anax imperator* Leach, 1815, обыкновенный жук-олень *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758), бронзовка гладкая *Protaetia speciosissima* (Scopoli, 1786), минога украинская *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931), вырезуб *Rutilus frisii frisii* (Nordman, 1840), черный аист *Ciconia nigra* (Linnaeus, 1758), скопа *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758), змееяд *Circaetus gallicus* (J.F. Gmelin, 1788), орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758), малая крачка *Sterna albifrons* (Pallas, 1764), обыкновенная горлица *Streptopelia turtur* (Linnaeus, 1758).

Территория Курской области, находясь на юго-западном склоне Среднерусской возвышенности, является частью лесостепной зоны Русской равнины, которую называют дубовой лесостепью из-за обилия байрачных небольших лесов — островных дубрав, произрастающих по долинно-балочной сети. На обширной площади Курской области заметно выражены различия физико-географических характеристик, в соответствии с которыми выделяют 4 природно-территориальных комплекса (ПТК) [1]. В рамках мониторинговой программы в течение последних 5 лет после выхода второго издания Красной книги Курской области (2017), обследовались ландшафты междуречных равнин и речных долин в Свапском (лесистом) ПТК и восточном — лесостепном, со значительным преобладанием степи над лесом.

В Северо-западном (Свапском) лесистом природном районе, в пределах Железногорского локального поднятия, с набором урочищ междуречных и межбалочных равнин Свапско-Усожского долинного ландшафта, обследована территория из трех лесных участков на правом берегу Свапы в окрестностях с. Гнань. Эти леса входят в состав планируемого к созданию памятника природы регионального значения «Урочище Гнань и артезианский источник», общей площадью около 238 га. Местность характеризуется средним перепадом высот в отметках от 156.3 м на уровне поймы р. Свапа до 229.4 м на пологих южных склонах и надпойменных террасах. Подлежащие охране биоценозы представляют собой широколиственные нагорные леса с богатой травянистой растительностью и родниками. Леса находятся над пойменным лугом р. Свапа.

Нагорные леса планируемой особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Урочище Гнань и артезианский источник» образованы старовозрастными дубами и могучими кленами. Первый участок — небольшой лес у с. Гнань (ур. Криница). Объектом охраны является артезианский источник как природный объект культурного и исторического наследия, известный с 1621 года.

Второй участок с лесным массивом расположен в окружении базы отдыха «Гнань». Лес, находящийся на склоне первой надпойменной террасы, увлажненный родниками, интересен сочетанием разных экотопов: лугом, заболоченной поймой р. Чернь, впадающей здесь в р. Свапа и полей с северной стороны. В оврагах в лесу находится большая популяция *колокольчика широколистного*, *страусника обыкновенного* и *лука медвежьего*, занесенных в Красную книгу Курской области. Нижний овраг более глубокий и широкий, в его вершине находится родник, благодаря ему дно оврага влажное в летнее время, весной он образует ручей, выходящий устьем в пойму Свапы и Черни.

Лесной массив третьего участка, находящийся за селом Гнань (урочище «Гнанка»), самый крупный. Он расположен на высоком берегу озера (пруд на ручье Гнанка) и представляет собой уникальный по красоте уголок природы, с биоразнообразием, нуждающимся в строгой охране. В урочище «Гнанка» впервые в Курской области в августе 2019 года обнаружена *бронзовка гладкая*, занесенная в Красную книгу Российской Федерации (2001, 2017).

С северной стороны урочище «Гнанка» граничит с отвалами № 5 МГОКа, которые так же в силу многообразия редких и охраняемых видов, предложены для организации ООПТ. Ручей Гнанка прежде связанный с ручьем Речица, погребен под отвалами № 5 МГОКа. Ранее на месте отвалов № 5 был луг, разделенный ручьем. В результате формирования отвалов водоток ручья был запружен, в дальнейшем, это привело к созданию на территории отвалов сети озер, берега которых на песчанках были закреплены посадками сосны, березы, осины. Пустырь разделяет отвалы, и лес третьего участка. Загрязнение пустыря мусорной свалкой представляет серьезную экологическую опасность для озера Гнанка и артезианского источника.

Основными лесобразующими породами всех трех участков являются дуб черешчатый, липа седцевидная, клён платановидный и ясень обыкновенный. В границах лесных урочищ древесные породы представлены разновозрастными деревьями редкой красоты — от 50–60 до 100 и более лет. Кустарниковый и травянистый покров неоднородный — на опушках совокупное проективное покрытие достигает 80-90%, а в глубине урочища обычно не превышает 40%. Богатство биологического

разнообразия связано с уникальным сочетанием водных и лесных природных ресурсов урочищ с. Гнань.

Надпойменные реликтовые леса являются местом обитания многочисленных видов животных, растений и грибов. В лесных урочищах и прилегающих к ним территориях обитают редкие охраняемые животные: стрекоза решетчатая, тритон гребенчатый, серая жаба, квакша обыкновенная, травяная лягушка, живородящая ящерица, веретеница ломкая, гадюка обыкновенная, обыкновенный осоед, козодой обыкновенный, дятлы (седой, зеленый, желна, средний, белоспинный), крапивник, желтоголовый королек, малая мухоловка, лесная соя. В Перечень таксонов животных, нуждающихся в особом внимании, внесены 8 видов (бабочки галатея и крупноглазка, тритон обыкновенный, лягушка прудовая, краснобрюхая жерлянка, водяной уж, аист белый, хорь лесной) [2].

На территории лесных урочищ у с. Гнань обнаружено 42 вида лишайников и 85 видов грибов (9 — аскомицетов и 76 базидиальных). Из них 2 вида занесены в Красную книгу Курской области (дождевик гигантский — *Langemannia gigantea*, ипизолитус бескорневой — *Pisolithus tinctorius*) и 1 вид (трутовик лакированный — *Ganoderma lucidum*) занесен в Красную книгу Российской Федерации со статусом 3 — редкий вид (рис. 1), имеющий значительный ареал, в пределах которого встречается спорадически и с небольшой численностью популяций. На территории урочищ обнаружено 219 видов сосудистых растений. В Перечень сосудистых растений, которые нуждаются в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге — кандидатов на включение в Красную книгу Курской области внесены 2 вида: пузырник ломкий — *Cystopteris fragilis* и вороний глаз четырёхлиственный — *Parisquadrifolia* [6].



Рис. 1. Трутовик лакированный в ур. Гнань.
Фото С.В. Жердевой

По результатам многолетних наблюдений на территории планируемого памятника природы постоянно или временно пребывает около 130 видов позвоночных животных и более 80 видов беспозвоночных [3], из них включены в Красную книгу Курской области — 25, в том числе, в Красную книгу РФ — 8 (*дозорщик-император*, *жук-олень*, *бронзовка гладкая*, *черный аист*, *скопа*, *змея-яд*, *орлан-белохвост*, *обыкновенная горлица*) [5; 6].

Бронзовка гладкая — *Protaetia speciosissima* (Scopoli, 1786), *Netocia aeruginosa* (Drury, 1770) в Красной книге Российской Федерации, 2001. Статус 1 — вид, находящийся под угрозой исчезновения (рис. 2). Внесен в Красную книгу Российской Федерации с категорией 2 — сокращающийся в численности и/или распространении вид [4]. И — исчезающий (в России по шкале МСОП — EN A4c); II приоритет природоохранных мер. Широко распространён в Европе (кроме севера). В России — от юга лесной до лесостепной и степной зон европейской части. Обитает по лесным опушкам, паркам, в разреженных лесах. Предпочитает селиться в дуплах старых дубов и плодовых деревьев. Жуки активны с мая до конца сентября, держатся в кронах деревьев. Иногда встречаются на цветах, на вытекающем соке и перезрелых фруктах. Личинки развиваются в дуплах и трухлявой древесине лиственных деревьев. Продолжительность сроков развития не менее 2–3 лет. Редок и локален. Численность довольно низкая и сокращается из-за уменьшения пригодного для заселения субстрата. Лимитирующие факторы: сокращение старых лесных массивов широколиственных лесов. Пожары, санитарные рубки.

К необходимым дополнительным мерам охраны можно отнести: необходимость создания в местах обитания вида особо охраняемых природных территорий, ограничение рубки старых широколиственных лесов, в том числе дубрав в лесостепи европейской части России.



Рис. 2. Бронзовка гладкая. Фото С.В. Жердевой

На востоке области в Тимско-Олымском природно-территориальном комплексе расположены верховья небольших рек бассейна Дона. Течение этих рек направлено на север. В Кшенско-Олымском ландшафте обследовалась территория долины реки Грайворонка на отрезке от с. Нижняя Грайворонка по течению за с. 2-я Васильевка. Река Грайворонка берет начало в Тимском районе Курской области, является правым притоком реки Кшень (устье в р. Быстрая Сосна бас. Дона). Река Грайворонка впадает в реку Кшень еще до границы с Орловской областью.

На каменисто-песчаные отмели у села 2-я Васильевка (на восточной окраине пос. Кшенский) поднимается на нерест *минога украинская* (рис. 3), вид занесенный в Красную книгу Российской Федерации [5] с категорией 2 — сокращающийся в численности вид, а в нашей области — со статусом 1 (под угрозой исчезновения). Здесь обитают охраняемые в нашем регионе животные: *планария чёрная многоглазка*, *пиявка медицинская (обыкновенная)*, *перловица обыкновенная* и *перловица толстая*, *стрекоза дозорщик-император* (вид занесен в Красную книгу Российской Федерации).

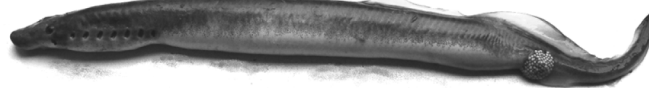


Рис. 3. Минога украинская. Фото С.В. Жердевой

На берегах р. Грайворонка были обнаружены еще два вида, нуждающийся в охране — это бабочки *переливница ивовая* и *голубянка дафнис*, внесенные в Приложение 3 Красной книги РФ, 2001 (Перечень объектов животного мира, нуждающихся в особом внимании).

Планируемый памятник природы расположен в долине реки Грайворонка.

В верховьях р. Грайворонка на трех участках имеются запруды, что является препятствием для свободного передвижения рыб к нерестовым участкам. Река Кшень на всем протяжении свободна от плотин, поэтому русло реки Грайворонка от устья до плотины за с. 2-я Васильевка необходимо включить в охраняемую зону нерестовых участков украинской миноги.

Украинская минога — *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931). Статус 3 — редкий вид. Занесен в Красную книгу Российской Федерации с категорией 2 — сокращающийся в численности и/или распространении популяции; У — уязвимые (в России по шкале МСОП — VU B2ab (iii,v); в Красном списке МСОП — NT); III приоритет природоохранных мер. Пресноводная непроходная, непаразитическая минога, длиной 23–25,5 см. Отличается устройством губных зубов и соприкасающимися спинными плавниками. Распространена в Европе, на территории Россий-

ской Федерации обнаружена в Днепре и его притоках, Брянской, Калужской, Курской (Дон, Псел, Кривец), Белгородской (Сейм), Тульской, Рязанской, Липецкой, Орловской, Тамбовской, Воронежской областей. Обитает как в крупных, так и в небольших реках, от верховьев до устьев рек, может встречаться на медленнотекущих или стоячих участках. Развитие продолжается 3,5–4,5 года. После метаморфоза не питается, через 6–9 месяцев созревает и нерестится. Плодовитость — 1700–7100 икринок. Для нереста поднимается на чистые галечные участки рек. Нерест обычно в апреле-мае при прогреве воды до 11–16 °С. Личинки после выхода из гнезда зарываются в песчаный или илистый грунт. Личинка (пескоройка) по типу питания — фильтратор. Местобитания личинок ограничены только маленькими участками, где концентрируются песок, ил и старые листья. Численность повсеместно недостаточно изучена. В российской части ареала вид многочисленный только в среднем Дону. Численность личинок может достигать 30–40 экз./м². Основная причина сокращения численности — недоступность мест нереста, связанная с перегораживанием или обмелением русел рек, их засорением и загрязнением. С 1997 г. вылов запрещён.

В границах города Курска личинки обнаруживаются в местах впадения небольших р. Тускарь и Кривец в Сейм, где образуются углубления с песчано-иловыми наносами и ток воды замедлен, а так же — в местах завалов кустарниково-древесной растительности. Необходимы дополнительные исследования для выявления и охраны всех нерестовых участков в регионе, очистка сточных вод, запрет вылова личинок и взрослых особей [7].

К необходимым дополнительным мерам охраны можно отнести: организацию памятников природы в Советском р-не в окрестностях с. 2-я Васильевка на р. Грайворонка и в г. Курске на р. Кривец (ур. Кривец), где достоверно доказаны обитание и нерест украинской миноги.

Наименьшим по площади и разнообразию ландшафтов является Юго-Восточный (Осколо-Донецкий) природный район. У водораздела р. Тим, Сейм и Оскол находится наивысшая точка Тимско-Щигровской гряды с абсолютной высотой 269 м. Река Оскол — левый самый большой приток Северского Донца (правого наибольшего притока Дона). Исток р. Оскол в Курской области (недалеко от с. Погожее Тимского района) имеет направление течения на юг. На правобережье Оскола в его верховьях расположен участок ЦЧЗ — Букреевы Бармы, далее — Старооскольское водохранилище (на границе с Белгородской областью). Старооскольское водохранилище в Горшеченском районе создано в 1976 году для нужд Лебединского горно-обогатительного комбината.

Исследования проводились в Оскольско-Ублинском ландшафте по левому берегу реки Оскол в окрестностях с. Никольское Горшеченского района. Берега реки Оскол перед входом в водохранилище заболочены, покрыты зарослями камыша, на влажных лугах — ольшаниками. Узкая береговая полоса левобережья водохранилища — это песчаные дюны, на которых встречаются крупные куртины тимьяна. Для водохранилища характерно обилие водоплавающих птиц. Немногочисленны, часто нерегулярные случаи гнездования малой крачки [3].

Малая крачка *Sterna albifrons* (Pallas, 1764) Категория и статус. 2 — вид, сокращающийся в численности и/или распространении (в Красной книге Российской Федерации 2001 г. — 2, вид, сокращающийся в численности); И — исчезающий (в России по шкале МСОП — EN A3bc+A4bc; в Красном списке МСОП — LC); III приоритет природоохранных мер. Ареал весьма обширен, имеет отчётливо выраженный пятнистый характер, поскольку вид поселяется главным образом по долинам крупных рек и морскому побережью. Немногочисленные, часто нерегулярные случаи гнездования зарегистрированы по Дону и его притокам в Волгоградской, Воронежской и Липецкой, Курской, Белгородской и Тульской областях. В сезон размножения заселяет кроме морских побережий, долины крупных рек и водохранилищ. Гнездится на намывных песчаных островах и отмелях. Уязвимость мест гнездования, их быстрое зарастание и зависимость от погодных условий привели к способности малой крачки часто менять места расположения колоний. Гнёзда нередко располагаются почти у уреза воды. В полной кладке 1–4, чаще 3 яйца, размножение один раз в сезон. Причины гибели гнёзд не только затопление колонии во время паводков и штормов, но и хищничество. В последние десятилетия всё чаще гнездится на техногенных водоёмах, сходных с природными: на обводнённых карьерах, днищах прудов отстойников, гидроотвалах. Перелётный вид. Необходимые дополнительные меры охраны. Проводить разъяснительную работу с населением (особенно среди отдыхающих) о важности сохранения гнездовых поселений крачек, по возможности снижать рекреационную нагрузку в местах гнездования вида. В Курской области организация ООПТ на Старооскольском водохранилище в Горшеченском районе.

В Старооскольском водохранилище обитает еще один уязвимый вид, занесенный в Красную книгу РФ. Здесь, вероятно, образовалась туводная популяция вырезуба, похожая на полупроходную форму: из водохранилища на нерест рыбы поднимаются вверх по р. Оскол.

Вырезуб (номинативный п/вид) *Rutilus frisii frisii* (Nordman, 1840). Категория и статус. 2 — сокращающийся в численности и/или распространении подвид (в Красной книге Российской Федерации 2001 г. — 4,



Рис. 4. Песчаные дюны прибрежной полосы левого берега Старооскольского водохранилища. Сколия шеститочечная *Colpa sexmaculata* (Fabricius, 1782) и тимьян Палласа. Фото С.В. Жердевой

подвид, современное состояние которого недостаточно ясно); У — уязвимый (в России по шкале МСОП — VU A2cd; в Красном списке МСОП — LC (для вида в целом)); II приоритет природоохранных мер [5]. Вид представлен полупроходной и жилой формами. Жилая (туводная) форма постоянно обитает в пресной воде. Существенное сокращение численности вырезуба в бассейне Дона стало наблюдаться ещё во второй половине XIX в., а к середине XX в. он стал редок. В бассейне Днепра численность вырезуба во второй половине XX в. резко сократилась. В настоящее время сохранился в небольшом количестве в бассейне верхнего Днестра, в Северском Донце. В России встречается в бассейне р. Дон от устья до верховьев. В бассейне верхнего Дона (в Липецкой и Тульской обл.) обитает жилая форма вырезуба. В Курской области подвид *Rutilus frisii frisii* ранее встречался в верхнем течении р. Оскол и Псёл (1983 г.) В настоящее время исчез в большей части региона, единичные находки в р. Оскол и Старооскольском водохранилище (2012, 2017 гг.). Ведет стайный образ жизни на зимовке и во время нереста. Питание моллюсками и личинками насекомых. В Курской области единичные сообщения о находках. Нерест происходит в конце апреля — мае на участках рек с быстрым течением, холодной и чистой водой на каменисто-галечниковом грунте, плодовитость 8–260 тыс. икринок. Икринки приклеиваются к камням и гальке. Основным лимитирующим фактором является незаконный вылов, загрязнение рек, ограничение площади возможных нерестилищ. В период нереста наиболее уязвим для браконьеров. Данный вид чувствителен к загрязнению среды обитания. Принятые меры охра-

ны. Занесен в Красную книгу Курской области. Необходимые дополнительные меры охраны. Исследования мест обитания и численности. Изучение возможности искусственного разведения. Создание ООПТ в Курской области на р. Оскол (окрестности с. Никольское) и Старооскольском водохранилище в Горшеченском р-не (Жердева, 2017).

Дополнительным обоснованием для создания памятника природы на левобережье р. Оскол и Старооскольского водохранилища в окрестностях села Никольское является обитание и других редких охраняемых видов: скопа *Pandion haliaetus* (занесена в Красную книгу РФ) [5], а так же произрастание по песчаному побережью большой ассоциации тимьяна Палласа, на которой встречается сколия шеститочечная (рис. 4, 5).



Рис. 5. Скопа. Фото С.В. Жердевой

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Курской области. Федеральная служба геодезии и картографии России. М., 2000. — 48 с.
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Курской области в 2020 году. Администрация Курской области, комитет природных ресурсов Курской области. Курск, 2021. — С. 207–213.
3. Жердева С.В. Фаунистическая характеристика животного мира северо-западной части Центрального Черноземья России (Курская область) и его охрана. Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. 2012. № 1 (21).
4. Красная книга Российской Федерации (животные) / РАН; Гл. редкол.: В.И. Данилов-Данильян и др. — М.: АСТ, 2001. — 862 с.
5. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. — 1128 с.
6. Красная книга Курской области: редкие и исчезающие виды животных, растений и грибов / Департамент эколог. безопасности и природопользования. Курск. обл. — Калининград; Курск: ИД РОСТ-ДОАФК, 2017. — 380 с.
7. Шевердина Е.И., Жердева С.В. О новой достоверной находке миноги украинской (*Eudontomyzon marie*) на территории Курской области // Биология: от молекулы до биосферы: материалы IV Междунар. конф. молодых ученых. Харьков, 2009. — С. 287–288.

© Дмитриева Екатерина Леонидовна (sv-dmitr@yandex.ru); Жердева Светлана Владимировна (s.v.zherdeva@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОРЫ ТЕРРИТОРИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Касумова Гюльнар Джаббар

к.б.н., ведущий научный сотрудник,
Институт Ботаники Министерства Науки
и Образования, Баку, Азербайджан
gulnar_gasimova@mail.ru

STUDY OF THE FLORA OF SOME SOUTHERN REGIONS OF AZERBAIJAN

G. Gasimova

Summary: The article provides information on the taxonomic composition, identification of areas, bioecological analysis, collection of herbarium materials of food, fodder and medicinal plants distributed in the southern regions (Lenkoran and Lerik) and included in the III edition of the Red Book of the Republic of Azerbaijan. As a result of monitoring conducted in the nature, 120 plant samples belonging to 22 families (67 genera, 31 species) was collected in two regions and according to the appropriate methods were created herbarium samples. For a comprehensive study of the research area, characteristic and dominant species were identified and plant samples were collected from them. In hot weather in Lankaran, Lerik and surrounding areas monitoring and accounting of 25 rare plant species listed in the Red Book was carried out.

Keywords: ecological feature, biomorphology, herbarium, taxonomic composition, area.

Аннотация. В статье приводятся сведения о таксономическом составе, выделении ареалов, биоэкологическом анализе и сборе гербарного материала пищевых, кормовых и лекарственных растений, распространенных в южных районах (Ленкорань и Лерик) и включенных в III издание Красной книги Азербайджанской Республики. В результате проводимого в естественных условиях природы мониторинга, а также анализа собранных материалов, в исследуемых районах выявлены 120 образцов растений, относящихся к 22 семействам (67 род, 31 вид) и по соответствующим методикам сделан гербарий. Для комплексного изучения территории исследований были определены характерные и доминирующие виды, собраны образцы растений. В жаркую погоду в Лянкяране, Лерике и прилегающих районах был проведен мониторинг и учет 25 редких видов растений, занесенных в Красную книгу.

Ключевые слова: экологический признак, биоморфология, гербарий, таксономический состав, ареал.

Введение

По сравнению с другими республиками Южного Кавказа территория Азербайджанской Республики имеет богатую флору. Здесь распространено 4745 видов высших растений из 1117 родов. На территорию Азербайджана приходится 70% всего количества видов растений, распространенных на Кавказе. Это богатство объясняется разнообразием природно-исторических физико-географических условий нашей страны [1, 2, 3, 4, 6, 9].

Крупнейший город южного региона Лянкяран — один из крупнейших и старейших городов Азербайджанской Республики. Сеть рек в районе довольно густая. В радиусе 10–25 км от районного центра протекают реки Лянкяран, Болады и Гумбаши. Чтобы использовать воду рек для орошения, в селе Веравул было построено русло реки Ханбуланчай.

Территория Лерикского района является одним из древнейших поселений и окружена горами Талышского хребта. Между Южным и Пешташарским хребтами расположена Зувандская (Диабарская) впадина. Самые высокие вершины — Гомургой (2493 м) и Кызюрду (2433 м) находятся в южной части хребта.

Материалы и методы

В проводимой исследовательской работе были использованы флористико-систематические, сравнитель-

но-морфологические, экологические, географические и др. методы. Кроме того, были изучены материалы видов растений, хранящихся в Гербарном фонде Института Ботаники Министерства Образования и Науки АР.

В ходе экспедиции были уточнены ареалы распространения видов, собран гербарный материал, зафиксированы сведения об условиях произрастания, в том числе были записаны данные GPS.

Для определения жизненных форм видов были использованы методики К. Раункера [10], И. Серебрякова [8] и Л.И. Прилипко [7]. При уточнении номенклатурных изменений использовались базы данных.

Результаты и их обсуждение

С целью уточнения ареалов растений по семействам, определения их биоэкологических особенностей, а также мониторинга, занесенных в Красную книгу видов, были проведены исследования в селах и окружающих территориях Ленкоранского и Лерикского районов, выявлены характерные и доминирующие виды для территории, собран гербарный материал (Рисунок 1).

На территории Лянкяранского района расположены два заповедника: Гирканский и Гызылагачский. Гораздо большее количество находящихся на грани исчезновения древесных пород имеются в Гирканском заповедни-

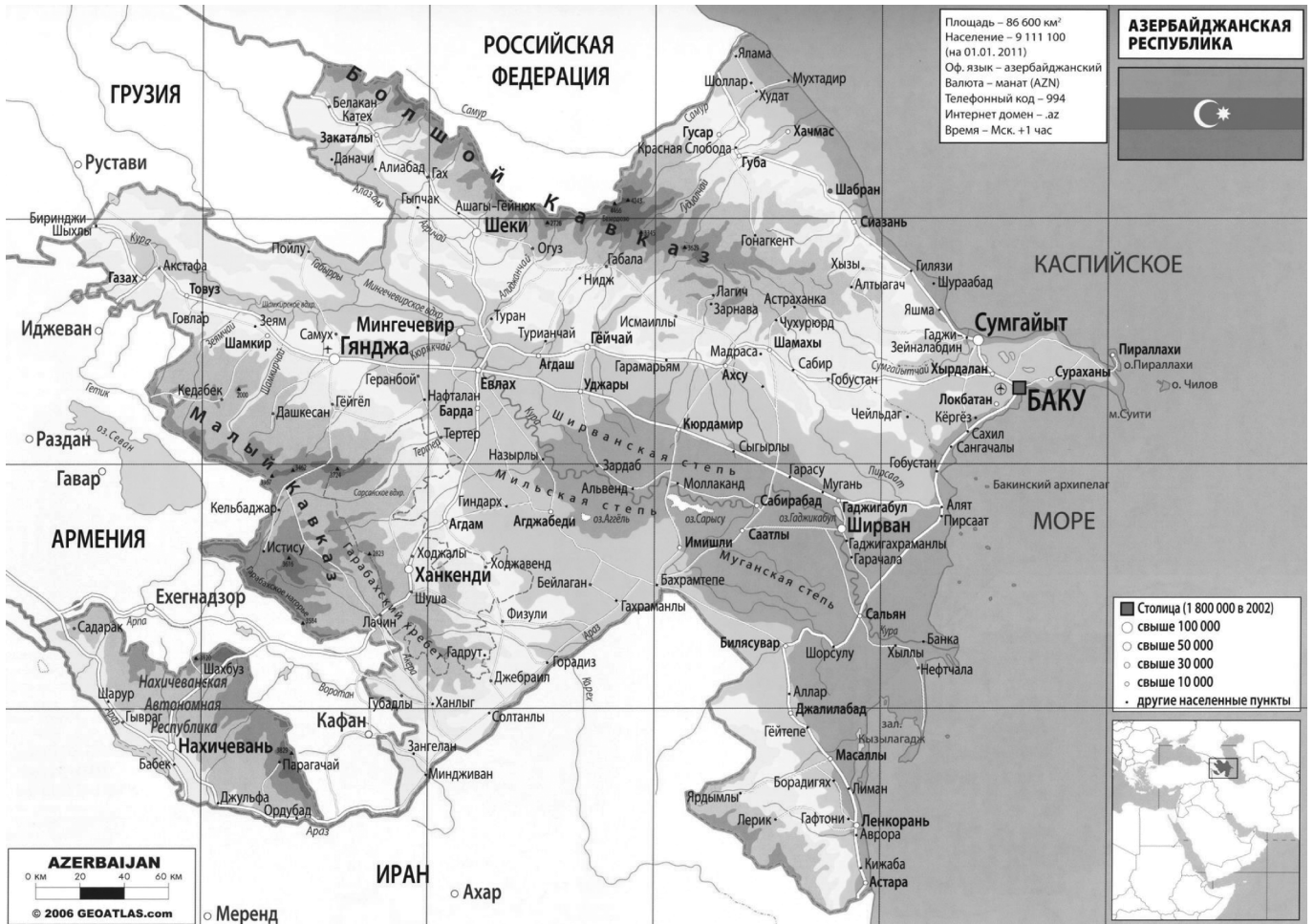


Рис. 1. Карта схема района исследований

ке. Растительный покров здесь разнообразен. Луговая растительность преобладает в низменной части. Территория покрыта горными и предгорными лесами. Ленкоранский район отличается от других районов зоны богатством растительности и лесистостью.

Покрытая лесом территория составляет 44,1%, где преобладают реликтовые деревья и кустарники III периода. Основу равнинных и предгорных участков района составляют дубовые и смешанные с железным деревом дзельковые леса.

Здесь имеются лесные массивы из ольхи, лапины, гледичии каспийской и др. пород, не встречающиеся в других районах. Часть территории Гирканского Национального Парка относится к этому району. Основу территории реликтовой дендрофлоры III периода составляют следующие редкие виды: груша Буассье (*Pyrus Boussiriana*), гирканская груша (*P.hircana*), груша гроссейма (*Rg fv sslm m ii*), даная ветвистая (*Danae racemosa*), железное дерево (*Parrotia persica*), тисс ягодный (*Taxus baccata*), дзельква гирканская (*Zelkova hircana*), дзельква граболистная (*Zelkova carpinifolia*), клен гирканский (*Acer hircanum*), иглица гирканская (*Ruscus hircanus*), падуб

гирканский (*Ilex hircana*), хурма кавказская (*Diospyrus lotus*), лапина крылоплодная (*Pterocarya pterocarpa*), шелковая акация (*Albizia julibrissin*), клен бархатистый (*Acer velutinum*), гранат (*Punica granatum*), дуб каштанолистный (*Quercus castaneifolia*), самшит гирканский (*Buxus hircana*), ольха сердцелистная (*Alnus subcordata*), орех грецкий (*Juglans regia*), Ленкоранский район также является важной сельскохозяйственной зоной.

Благодаря умеренным климатическим условиям, солнечному изобилию и плодородности почвы Ленкоранский район известен в основном, своими субтропическими растениями, такими как чай, японская хурма, фейхоа, лимоны и мандарины. Одним из наиболее развитых и прибыльных в сельскохозяйственной деятельности видов в этом регионе является выращивание чая.

Растительность Лерикского района состоит в основном из кустарников, луговых редколесий и горных лесов. В лесах преобладают дуб, граб, бук, орех, железное дерево.

Зувандский Государственный заказник (заповедник) находится на Зувандской территории района. Лесной

*Parrota persica* L.*Dianthus crinitus* Sm.*Onobrychis ebenoides* Boiss.*Ziziphora clinopodioides* Lam.

Рис. 2. Виды растений, включенных в «Красную книгу»

покров территории составляет 40,3 тыс. га. Климат здесь умеренно теплый полупустынный, сухой, лето засушливое, а в осенний сезон часто идут дожди.

Во время экспедиционных исследований в Лянкоранском и Лерикском районах и прилегающих к ней территориях для обогащения гербарного фонда проводились фенологические наблюдения, сбор растений и по возможности сбор сезонных образцов растений, а также мониторинг видов, занесенных в Красную книгу. Для всестороннего изучения территории исследования выявлены характерные и доминирующие виды растений. В условиях теплой погоды и по сезонам в Ленкоранском, Лерикском районах и прилегающих к ним территориях нами были собраны образцы занесенных в Красную книгу растений. В том числе, проводился мониторинг и учет редких видов.

В результате проводимых исследований по таким родам как *Dryopteris*, *Polystichum*, *Dactylorhiza*, *Aegilops*, *Alcea*, *Astragalus*, *Thymus*, *Phlomis*, *Scrophularia*, *Pyrethrum*, *Euphorbia*, *Beta*, *Gypsophila*, *Sedum*, *Dianthus*, *Echium*, *Trifolium*, *Parrota* выявлены 25 редких и исчезающих видов включенных в «Красную книгу Азербайджана» [5]. Ниже приводится список включенных в «Красную книгу Азербайджана» видов растений, собранных во время экспедиции в Ленкоранском и Лерикском районах.

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Dryopteris raddeana</i> | 8. <i>Scrophularia hyrcanica</i> |
| 2. <i>Polystichum kadyrovii</i> | 9. <i>Pyrethrum coccineum</i> |
| 3. <i>Polystichum woronowii</i> | 10. <i>Euphorbia marschalliana</i> |
| 4. <i>Dactylorhiza flavescens</i> | 11. <i>Beta lomatogona</i> |
| 5. <i>Aegilops umbellulata</i> | 12. <i>Sedum lenkoranicum</i> |
| 6. <i>Astragalus lagurus</i> | 13. <i>Dianthus crinitus</i> Sm. |
| 7. <i>Thymus trautvetteri</i> | 14. <i>Echium amoenum</i> |

- | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 15. <i>Alcea lenkoranica</i> | 18. <i>Trifolium talyschense</i> | 21. <i>Platanus orientalis</i> L. | 23. <i>Gleditschia caspia</i> L. |
| 16. <i>Phlomis lenkoranica</i> | 19. <i>Parrota persica</i> L. | 22. <i>Albizziya julibrissin</i> Dur. | 24. <i>Ficus carica</i> L. |
| 17. <i>Scrophularia zuvandica</i> | 20. <i>Gypsophila capitata</i> | | 25. <i>Punica granatum</i> |

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскеров А.М. Высшие растения Азербайджана. Конспект флоры Азербайджана. Том II, Баку, «Наука», 2006, 283 стр.
2. Аскеров А.М. Высшие растения Азербайджана. Конспект флоры Азербайджана. Том II, Баку, «Наука», 2008, 240 стр.
3. Аскеров А.М. Конспект флоры Азербайджана. Баку, «Наука», 2011, с. 202 стр.
4. Аскеров А.М. Растительный мир Азербайджана. Баку, TEAS PRESS, 443 стр.
5. Красная книга Азербайджанской Республики. Редкие и исчезающие виды растений и грибов. II издание. 2013, Баку: 676 стр.
6. Конспект Флоры Кавказа (2006–2012) Санкт-Петербург, Москва; Т. 1, 2, 3(1-2)
7. Прилипко Л.И. Лесная растительность Азербайджана. Баку, 1954
8. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение. — В кн.: Полевая геоботаника, М.; Л. 1964 (3)
9. Флора Азербайджана. Баку: АН Азерб. ССР, т. I–VIII, 1950–1961
10. Raunkiaer Ch. plant life forms. Oxford: Clarendon Press, 1937

© Касумова Гюлнар Джаббар (gulnar_gasimova@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЯ ВИДА *PLATANThERA CHLORANTHA* (CUSTER) REICHENB. (ORCHIDACEAE) НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Перебора Елена Александровна

Кандидат биологических наук,
Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар
pereboraelena@mail.ru

ECOLOGY OF THE *PLATANThERA CHLORANTHA* (CUST) SPECIES REICHENB. (ORCHIDACEAE) IN THE NORTH-WESTERN CAUCASUS

E. Perebora

Summary: The article presents the results of long-term monitoring of the *Platanthera chlorantha* species, which stands out for its high decorative value and plays a significant role in the formation of natural mountain and forest herbaceous phytocenoses in the North-Western Caucasus. *Platanthera chlorantha* belongs to tuberous perennials forming specific root-stem organs of the reserve of vegetative reproduction. These formations are known in pharmacology and medicine under the name salep and contain a large number of useful biologically active substances that have been used in folk medicine for a long time, which has caused damage to the cenopopulations of species. Almost all species of orchids of the temperate zone are vulnerable and need protection. The reasons are not only their useful properties, but also some peculiarities of biology, in particular reproduction. *Platanthera chlorantha* is listed in the Red Book of the Krasnodar Territory with the conservation status of 3 HC, the IUCN Red List with the threat category VUB2b (ii, iii, iv). Therefore, the purpose of this work was to assess the state of the natural cenopopulations of *Platanthera chlorantha*, the peculiarities of ecology and biology, the degree of vulnerability and prospects for their conservation. Observations made it possible to identify 30 cenopopulations of *Platanthera chlorantha* within the North-Western Caucasus, to estimate their abundance and breeding prospects, and to make a geobotanical description of associations with their participation. An ecological assessment of habitats is given. Despite the rather strong anthropogenic impact, cenopopulations are normal incomplete with a predominance of generative and virginal individuals with the absence of senile ones. This ratio favors the reproduction of plants and the maintenance of the number of cenopopulations, which is subject to cyclical fluctuations mainly as a result of adverse weather conditions in the form of drought, waterlogging, etc. The negative impact on the condition of cenopopulations is largely due to continuous logging.

Keywords: genus *Platanthera chlorantha*, North-Western Caucasus, ecology, cenopopulations, ratio of age groups, tree associations, tuberoids.

Аннотация: В статье приводятся результаты многолетнего мониторинга за видом *Platanthera chlorantha*, который выделяется высокой декоративностью и играют значительную роль в сложении естественных горных и лесных травянистых фитоценозов на Северо-Западном Кавказе. *Platanthera chlorantha* относится к клубневым многолетникам, формирующим специфические корнестеблевые органы запаса вегетативного размножения. Эти образования известны в фармакологии и медицине под названием салепа и содержат большое количество полезных биологически активных веществ, которые с давних времен использовались в народной медицине, что нанесло урон ценностям видов. Практически все виды орхидных умеренного пояса являются уязвимыми и нуждаются в охране. Причинами являются не только их полезные свойства, но и некоторые особенности биологии, в частности размножение. В Красную книгу Краснодарского края *Platanthera chlorantha* внесена с природоохранным статусом 3 УВ, Красный список МСОП с категорией угрозы VUB2b (ii, iii, iv). Поэтому целью данной работы являлась оценка состояния естественных ценностей *Platanthera chlorantha*, особенности экологии и биологии, степень уязвимости и перспективы их сохранения. Наблюдения позволили выявить в пределах Северо-Западного Кавказа 30 ценностей *Platanthera chlorantha*, оценить их численность и перспективы размножения, а также сделать геоботаническое описание ассоциаций с их участием. Приводится экологическая оценка местообитаний. Несмотря на довольно сильное антропогенное воздействие, ценностей являются нормальными неполноценными с преобладанием генеративных и виргинильных особей с отсутствием сенильных. Такое соотношение благоприятствует размножению растений и поддержанию численности ценностей, которая подвержена циклическим колебаниям главным образом в результате неблагоприятных погодных условий в виде засухи, переувлажнения и т.п. Отрицательное влияние на состояние ценностей в значительной степени оказывают сплошные рубки.

Ключевые слова: род *Platanthera chlorantha*, Северо-Западный Кавказ, экология, ценностей, соотношение возрастных групп, древесные ассоциации, клубневики.

***P. chlorantha* (Custer) Reichenb.** (Любка зеленоцветная) — европейско-средиземноморский вид, наиболее широко представленный на Северо-Западном Кавказе; граница его распространения совпадает с границей дуба и широколиственных лесов [3, 4, 7–12]. *P. chlorantha* — многолетнее травянистое растение с удлиненно-веретеновидным клубнем, постепенно суживающимся в шнуровидное окончание [5]; со стеблекор-

невым клубневидно или веретеновидно утолщенным тубероидом [6].

Материалы и методы

Комплексное экологическое изучение видов проводилось в ходе маршрутно-экспедиционных обследований районов с наибольшим видовым разнообразием

орхидных, в частности вида *P. chlorantha*. Для всех местобитаний вида *P. chlorantha* проводили геоботанические описания по общепринятым методикам [14]. Отмечали также особенности рельефа, экспозицию и крутизну склона, особенности формирования подстилки. Для постоянного мониторинга в пределах обследованных территорий закладывали пробные (100–400 м²) и более мелкие учетные площадки от 0,25 до 1 м². Мониторинг проводили ежегодно для пополнения и уточнения данных по соотношению возрастных групп, размножению особей, особенностям морфологии и т.д. Для достоверности морфологического описания и учета стадий онтогенеза наиболее типичные и хорошо развитые растения снабжались этикеткой. Морфологические описания и учет проводили несколько раз за сезон, обычно в начале лета. Были составлены карты расположения ценопопуляций и локусов отдельных растений видов.

Экспедиционные, стационарные и лабораторные исследования проводили в районах с большим количеством ценопопуляций вида *P. chlorantha*: Черноморское побережье (Новороссийский, Геленджикский, Туапсинский, Сочинский районы), северный макросклон Главного Кавказского хребта (Абинский район).

Эколого-фитоценотические особенности и распространение орхидных изучали маршрутным методом. Растительные сообщества с ценопопуляциями вида *P. chlorantha*, регулярно описывали по общепринятым методикам [14]. Размеры и очертания пробных площадей привязывали к естественным границам растительных сообществ и к размерам ценопопуляций изучаемых видов, поэтому они имели как строго определенные величины (10 × 10, 20 × 20 м²), так и свободную конфигурацию. Ценопопуляционные локусы изучались на учетных площадках (0,25 и 1 м²) в пределах пробных площадей. На пробных площадях производили общее описание растительности: видовой состав, обилие, общее проективное покрытие (квадрат-сетки 1 м²), сомкнутость крон (%), фенологические фазы, физиономичность, а также признаки местообитания: рельеф; высота над уровнем моря; экспозиция (компас) и уклон (крутизну) склона (транспортиром с отвесом); особенности формирования подстилки.

Мониторинг местообитаний вида *P. chlorantha* проводили ежегодно, дополняли и уточняли параметры и динамику ценопопуляций, растительных сообществ и почвенного покрова. Растения орхидных наблюдали 1–2 раза за сезон (начало, конец мая).

При изучении ценопопуляций (ЦП) применяли методики, разработанные отечественными исследователями [13]. При изучении возрастной структуры использовали понятие «онтогенетическое (возрастное) состояние» с дополнениями, разработанными для орхидных [2–4].

Различные возрастные группы особей определяли непосредственно в полевых условиях, учитывая наиболее доступные морфометрические показатели надземной части растений. В пределах каждой ценопопуляции было выделено четыре группы возрастных состояний особей: ювенильные (j), имматурные (im), взрослые вегетативные (vm), генеративные (g). К группе взрослых вегетативных относили также временно не цветущие генеративные растения. Чтобы данные о целостности ценопопуляции были более достоверными, число проростков, развивающихся в почве, не учитывалось.

Тип возрастного спектра и тип ЦП — инвазионный, нормальный, регрессивный — определяли после выявления возрастной структуры ЦП [13]. Для наблюдения за онтогенезом изучаемых видов орхидных все особи на площадках были снабжены этикетками и отмечены на карте. Это облегчало наблюдения за онтогенезом изучаемого вида *P. chlorantha* и позволяло отмечать первое появление растений на поверхности почвы, продолжительность возрастного состояния и переход в следующее, период вторичного покоя, сезонное развитие и отмирание [2, 3]. Пространственная структура изучалась методом трансект с последующим выделением степени отграниченности скоплений друг от друга и степени их удаленности [13].

Результаты исследований и их обсуждение

Развитие растительных ассоциаций с участием орхидных в условиях Северо-Западного Кавказа характеризуется рядом особенностей (табл. 1).

Оценивая местоположение растительных ассоциаций, в составе которых распределены ценопопуляции *P. chlorantha*, следует подчеркнуть, что они определены на Кавказе высотными границами от 100 до 750 м н.у.м.; большинство из них расположены в диапазоне от 300 до 700 м н.у.м.

Среднегорный пояс характеризуется тем, что в его растительных ассоциациях сформировались наиболее крупные популяции вида, что подтверждается результатами количественного учета его возрастных групп.

Наиболее часто популяции *P. chlorantha* встречаются в дубово-грабовых (9 ассоциаций), грабово-дубовых (4 ассоциации), буково-грабовых (3 ассоциации) и буково-дубовых (2 ассоциации) лесах. Отдельные ассоциации отмечены в лесах, образованных дубом, грабом и буком в сочетании с ясенем, кленом, каштаном, березой и ольхой, а также в ивово-ольховых (пойма р. Пшиш) (табл. 1).

Анализ встречаемости особей *P. chlorantha* в зависимости от экспозиции склонов показывает, что южное, юго-западное, западное и северо-западное направления

Таблица 1.

Характеристика местообитаний и возрастной структуры ценопопуляций *Platanthera chlorantha* в структуре различных ассоциаций

№ ПП	НАИМЕНОВАНИЕ АССОЦИАЦИИ	Н Н.У.М., м	ЭКСПОЗИЦИЯ, КРУТИЗНА СКЛОНА	ДРЕВОСТОЙ			НП, м	ТРАВСТОЙ		ВОЗРАСТНЫЕ ГРУППЫ (ЧИСЛО ОСОБЕЙ, %)			
				ФОРМУЛА	С, %	НД, М D, М		ОПП %	НТ, М	J	IM	VV	G
НОВОРОССИЙСКИЙ РАЙОН													
1	<i>CARPINETO-QUERCETUM SOTINOSO FESTUCOSUM</i> , П. ВЕРХНЕБА-КАНСКИЙ	400–450	Ю-В, 30°	9Д+1Г	50	3/0,15	0,5	50	0,45	14	32	32	22
2	<i>FAGETO-CARPINETUM VARIORIBOSUM</i> , НАТУХАЕВСКИЙ ЛЕСХОЗ	400–450	Ю-В, 10°	8ГЗБ	50	15/0,15	3	20	0,30	12	15	20	53
3	<i>QUERCETO-CARPINETUM CORNOSO VARIORIBOSUM</i> , СТ. РАЕВСКАЯ	250–300	Ю, 7–10°	7Г+3Д	70	9/0,14	2	10	0,33	10	20	40	30
ГЕЛЕНДЖИКСКИЙ РАЙОН													
4	<i>CARPINETO-QUERCETUM POLYGONATOSUM</i> , Г. СОВХОЗНАЯ	600	В, 20°	7Д+3Г	70	18/0,45	2,5	20	0,40	–	–	15	75
5	<i>QUERCETO-CARPINETUM STARNYLOSO VARIORIBOSUM</i> , КОЛПАЧИНА ЩЕЛЬ	200	С-В, 15°	2Д+8Г	70	13/0,20	2	10	0,60	7,3	20	38,2	34,5
6	<i>QUERCETO-CARPINETUM POLYGONATOSUM</i> , ПШАДСКАЯ ЩЕЛЬ	200	3, 15°	7Г+3Д	60	15/0,20	1,5	5	0,40	12	23	50	15
7	<i>CARPINETO-FAGETUM VARIORIBOSUM</i> , П. ВОЗРОЖДЕНИЕ	300	3, 15°	9Б+1Д	60	15/0,20	3	5	0,20	–	–	–	100
8	<i>QUERCETO-CARPINETUM CORYLOSO VARIORIBOSUM</i> , Г. КРЕСТОБАЯ	500	Ю-З, 15°	2Д+8Г	60	14/0,23	2	10	0,30	13,3	33,3	30	23,3
9	<i>QUERCETUM CARPINOSO VARIORIBOSUM</i> , П. ПШАДА, Г. РАМЗИНСКАЯ	100–150	Ю-В, 10°	10Д	70	15/0,40	8	5	0,30	27,3	18,2	27,3	23,3
10	<i>QUERCETO-CARPINETUM FAGOSO VARIORIBOSUM</i> , П. ПШАДА	100–150	С-В, 3°	1Д+9Г	70	15/0,30	5	10	0,30	11,5	23,1	3,8	34,6
ТУАПСИНСКИЙ РАЙОН													
11	<i>FAGETO-CARPINETUM CORYLOSO VARIORIBOSUM</i> , Г. БОЛЬШОЙ КАМЕНЬ	300–350	В, 15°	8Г+2Б	60	10/0,15	2,5	5	0,50	15	19	32	34
12	<i>QUERCETO-CARPINETUM VARIORIBOSUM</i> , Г. СВИСТУНОВА	400–450	В, 10°	6Г+2Д+2Б	70	13/0,20	2	5	0,25	17,8	17,6	17,6	52,9
13	<i>QUERCETO-CARPINETUM CARICOSUM</i> , П. ПСЕБЕ	300–350	3, 10°	9Г+1Д	60	15/0,35	3	5	0,30	–	44	31	25
14	<i>ALNETO-CARPINETUM CARICOSUM</i> , П. ПСЕБЕ	300	В, 10°	6Г+40	50	15/0,40	3	5	0,30	9	18	64	9
15	<i>FAGETO-ALNETUM RHODODENDROSO VARIORIBOSUM</i> , П. ДЕФА-НОВКА	500	С, 20°	1Б+2Г+70	70	13/0,30	4	5–10	0,45	–	15,7	43,1	41,2
16	<i>FAGETO-QUERCETUM CORNOSO VARIORIBOSUM</i> , Г. ШАПСУХО	250–300	С-В, 35°	3Д+7Б	50	15/0,30	3	5–15	0,45–0,50	–	–	50	50
17	<i>QUERCETO-FAGETUM VARIORIBOSUM</i> , ОКР. П. МОЛДОВАНОВКА	650–700	В, 30°	3Д+7Б	50	15/0,30	2	10	0,40	–	10	80	10
18	<i>FAGETO-CARPINETUM VARIORIBOSUM</i> , П. МОЛДОВАНОВКА	700–750	С, 20°	4Б+6Г	70	15/0,30	5	5–10	0,40	–	–	64,6	35,4

Продолжение табл. 1

№ ПП	НАИМЕНОВАНИЕ АССОЦИАЦИИ	Н Н.У.М., М	ЭКСПОЗИЦИЯ, КРУТИЗНА СКЛОНА	ДРЕВОСТОЯ			НП, М	ТРАВСТОЯ			ВОЗРАСТНЫЕ ГРУППЫ (ЧИСЛО ОСОБЕЙ, %)			
				ФОРМУЛА	С, %	НД, М D, М		ОПП %	НТ, М	J	IM	WV	G	
19	CARPINETUM CORNOSUM VARIOHERBOSUM, ОКР. П. МОЛДОВАНОВ-КА	600–650	Ю–3, 20°	10Г	60	18/0,25	2	5	0,30	–	9,1	45,5	45,5	
20	FAGETO-ABETUM CARICOSUM, П. АПТУБИНАЛ	400	ЮВ, 15°	7П+3Б	60	25/0,50	1,5	10	0,30	–	–	50	50	
21	FRAXINETO-CARPINETUM VARIOHERBOSUM, П. ЦЫПКА	400	ЮВ, 10°	7Г+2Я+1Д	80	18/0,30	1,5	30	0,65	–	–	34	66	
22	BETULETO-CARPINETUM RHODODENDROSO PTERIDIUMOSUM, ПОС. ТЕРЗИАН	350–400	С, 25°	5Г+3Д+2Б	70	15/0,20	1,5	25	0,50	–	–	81,8	18,2	
23	SALICETO-ALNETUM GEUMOSUM, ОКР. П. ОКТЯБРЬСКИЙ	300	ЮВ, 3°	80+2И	80	20/0,30	3	50	0,40	–	–	–	100	
24	FAGETO-QUERCETUM CRATEGOSO PARISOSUM, УР. КОТЛОВИНА	400–450	С, 5°	7Б+3Д	70	18/0,30	1	50	0,60	20	20	40	20	
25	CARPINETO-QUERCETUM SVIDOSO POLYGONATOSUM, ПЕР. ШАУ-МЯНСКИЙ	600–650	С–В, 10°	5Д+3Б+2Г	60	18/0,30	1	70	0,70	9,1	18,2	18,2	54,5	
26	QUERCETO-CARPINETUM RHODODENDROSO VARIOHERBOSUM, П. САДОВЫЙ	300	С, 20°	8Г+2Д	70	15/0,20	0,7	10	0,35	22,2	16,7	27,8	33,3	
27	ACERETO-CARPINETUM PUROSO CARICOSUM, УР. КОТЛОВИНА	400–450	Ю, 20°	7Г+3К	60	18/0,30	0,5	60	0,65	14,3	14,3	28,6	42,6	
АБИНСКИЙ РАЙОН														
28	CARPINETO-QUERCETUM VARIOHERBOSUM, СТ. ШАПСУГСКАЯ	200	В, 5°	5Д+4Г+1Я	70	15/0,40	3–5	5	0,40	0	17	43	40	
29	QUERCETO-CARPINETUM VARIOHERBOSUM, СТ. ЭРИБАНСКАЯ	400	ЮВ, 15°	7Д+3Г	60	17/0,20	5	10	0,40	0	9	37	54	
СОЧИ														
30	FAGETO-CASTANETUM VARIOHERBOSUM, С. МАРЬИНО	500	СВ, 60°	7К+2Б+1Г	80	25/0,50	5	3	0,40	0	14	29	57	

ПРИМЕЧАНИЕ: Н.Н.У.М., М — ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ МОРЯ В МЕТРАХ; С — СОМКНУТОСТЬ; НД, М — ВЫСОТА ДРЕВОСТОЯ В МЕТРАХ; D, М — ДИАМЕТР ДЕРЕВЬЕВ В МЕТРАХ; НП, М — ВЫСОТА ПОДРОСТА В МЕТРАХ; ОПП — ОБЩЕЕ ПРОЕКТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ; НТ, М — ВЫСОТА ТРАВСТОЯ В МЕТРАХ; ЭК — ЭКСПОЗИЦИЯ; ДРЕВОСТОЯ: ГР — ГРАБИННИК (CARPINUS ORIENTALIS MILL.), ДП — ДУБ ПУШИСТЫЙ (QUERCUS PUBESCENS WILLD.), МК — МОЖЖЕВЕЛЬНИК КРАСНЫЙ (JUNIPERUS OXYCEDRUS L.), М — МОЖЖЕВЕЛЬНИК ВОНОЧНЫЙ (JUNIPERUS FOETIDISSIMA WILLD.), МВ — МОЖЖЕВЕЛЬНИК ВЫСОКИЙ (JUNIPERUS EXCELSA M. VIEB), Ф — ФИСТАШКА ТУПОЛИСТНАЯ (PISTACIA MUTICA FISCHER ET S.A. MEYER)

отличаются самым низким уровнем встречаемости — от 20 до 35 особей. Это, очевидно, связано с более сильным высыханием почвы, а потому и недостатком влаги для развития растений.

Наиболее благоприятными условиями для развития *P. chlorantha* характеризуются экспозиции северного, восточного, юго-восточного и северо-восточного направлений. В ассоциациях на этих склонах отмечено наибольшее количество особей *P. chlorantha* (до 50 и более).

Популяции *P. chlorantha* в основном размещены на С и СВ склонах с крутизной от 5 до 35°. Крутизна склонов южных и западных направлений, где обнаружены популяции вида, колеблется от 10 до 25°. Основная масса популяций на северных склонах размещена при крутизне 20–25°. Эти популяции отличаются наиболее оптимальной структурой и развитием особей, что, очевидно, обусловливается специфичностью растительного покрова (сомкнутостью древостоя (С) — 60–70 %, ОПП — 5–25 %, высота травостоя — 30–40 см).

Оценка такого фактора, как высота над уровнем моря, показывает, что наилучшие условия для развития ценопопуляций *P. chlorantha* складываются в пределах 300–550 м, где сформировалось наибольшее количество популяций (от 5 до 10) и, как правило, с достаточно высокой численностью — от 40 до 100 особей в популяции.

На встречаемость *P. chlorantha* в ассоциациях определенное влияние оказывает общее проективное покрытие травяного покрова. Наилучшие условия для развития *P. chlorantha* складываются при ОПП травяного яруса от 5 до 10 %. В таких условиях *P. chlorantha* встречается в 9 растительных ассоциациях при весьма значительной численности её ценопопуляций (табл. 1).

Изучение такого фактора, как высота травяного покрова (Нт, см) и его влияния на развитие ценопопуляций *P. chlorantha*, показало, что основная их масса концентрируется в тех сообществах, где высота травостоя колеблется от 30 до 45 см. При низком, но плотном травостое (до 30 см) наличие особей *P. chlorantha* было отмечено только в двух ассоциациях. Примерно такая же картина складывается при увеличении высоты травостоя до 50 см и выше. Низкой высотой травяного покрова характеризовались ассоциации, где подстилка достигла 10 (15) см и более. Разложение такого опада и трансформация его веществ, очевидно, негативно сказывались на прорастании как семян травянистых растений, так и семян *P. chlorantha*. При развитии высокого травостоя, создававшего высокий процент общего проективного

покрытия (ОПП), также формировались негативные условия для прорастания семян *P. chlorantha*. Прежде всего это связано с сильным затенением и формированием мощного опада.

В ассоциации *Querceto-Carpinetum staphyloso varioherbosum* (Колбасина щель), в условиях высокого травостоя (60 см), проективное покрытие которого составило около 10 %, численность ценопопуляции вида в среднем составила 55 особей (табл. 1).

Завершая анализ влияния условий местообитания на состояние ценопопуляций *P. chlorantha*, необходимо подчеркнуть, что все изучаемые особенности местообитаний (экспозиция, высота над уровнем моря, высота травяного покрова, общее проективное покрытие и др.) в своем комплексе определяют специфичность развития, что выражается в различном количестве особей вида в отдельных ценопопуляциях, а также в характере их возрастного состава (табл. 1). Наиболее оптимальные соотношения возрастных групп складываются в тех ценопопуляциях, которые сформировались в относительно благоприятных для вида условиях (С, С-В и В экспозиции склонов при крутизне 15–25°, на высоте от 300 до 550 м н.у.м., при высоте травостоя 30–45 см и ОПП 5–10 % и т.д.). За пределами этих условий соотношение между возрастными группами направлено в сторону преобладания генеративных особей, что указывает на ослабление потенциальных возможностей популяций в их дальнейшем развитии.

Таким образом, особенности условий местообитания растительных ассоциаций в значительной степени определяют характер и развитие отдельных популяций *P. chlorantha* в условиях Северо-Западного Кавказа.

Обобщая результаты исследований всего комплекса экологических условий вегетации *P. chlorantha* в различных местообитаниях, можно сделать следующие выводы:

1. Развитие популяций *P. chlorantha* в значительной мере определяется спецификой растительных сообществ, включая древесные и травянистые виды, их сомкнутость, общее проективное покрытие, высоту травостоя и т.д.
2. Большое влияние на характер развития популяций *P. chlorantha* оказывают геоморфологические условия местообитаний (высота над уровнем моря, ориентация и крутизна склонов и т.д.), влияющие на основные черты функционирования растительного сообщества в целом и на популяции изучаемого вида в частности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов Л.В. Семейство Orchidaceae / Л.В. Аверьянов // Конспект флоры Кавказа. СПб.: Изд-во СПб. Ун-та. — Т. 2. — 2006. — С. 84–101.
2. Вахрамеева М.Г. Экологические характеристики некоторых видов евразийских орхидных / Вахрамеева М.Г., Татаренко И.В., Быченко Т.М. // Бюл. Моск. о-ва испыт. природы, отд. биол. — 1994. — Т. 99. — Вып. 4 — С. 75–82.
3. Вахрамеева М.Г. Орхидеи нашей страны / М.Г. Вахрамеева, Л.В. Денисова, С.В. Никитина, С.К. Самсонов. — М.: Наука, 1991. — 222 с.
4. Вахрамеева М.Г. Орхидные России (биология, экология и охрана) / М.Г. Вахрамеева, Т.И. Варлыгина, И.В. Татаренко. — Москва: Товарищество научных изданий КМК. — 2014. — 437 с.
5. Вахрамеева М.Г. Любка зеленоцветная / М.Г. Вахрамеева, М.Н. За-гульский // Биол. флора Моск. обл. — М., 1995. — Вып. 11. — С. 117–131.
6. Ефимов П.Г. Род *Platanthera* (Orchidaceae) во флоре России. 1. Виды подсекции *Platanthera* секции *Platanthera* / П.Г. Ефимов // Бот. журн. — 2006. — Т. 91. — №. 11. — С. 1713–1731.
7. Перебора Е.А. Особенности развития некоторых тубероидных орхидных в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экол. Вестник Сев. Кавказа. — 2008 д. — Т. 4. — № 2. — С. 106–124.
8. Перебора Е.А. Экологические особенности *Platanthera chlorantha* (Custer) Reichenb. (Orchidaceae) в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экол. Вестник Сев. Кавказа. — 2007 в. — Т. 3. — № 3. — С. 26–45.
9. Перебора Е.А. Эколого-фитоценоотические особенности развития ту-бероидных орхидных / Е.А. Перебора // Экол. Вестник Сев. Кавказа. — 2010 в. — Т. 6. — № 3. — С. 61–85.
10. Перебора Е.А. Распространение орхидных (ORCHIDACEAE) на Северо-Западном Кавказе / Е.А. Перебора // Бот. журн., 2003. — Т. 88. — № 9. — С. 109–116.
11. Перебора Е.А. Экология орхидных Северо-Западного Кавказа: монография / под общ. ред. И.С. Белюченко / Е.А. Перебора // Краснодар: КубГАУ. — 2011. — 441 с.
12. Татаренко И.В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны / И.В. Татаренко. — М., 1996. — 207 с.
13. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура) / Под ред. А.А. Уранова, Т.И., Серебряковой. — М. 1976. — 216 с.
14. Ярошенко П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко. — М. «Просвещение», 1969. — 200 с.

© Перебора Елена Александровна (pereboraelena@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СНЕГ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА: ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИКАНТОВ

SNOW AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL POLLUTION IN THE CITY OF MAGNITOGORSK: EVALUATION OF THE QUANTITATIVE CONTENT OF TOXICANTS

*E. Ponomareva
T. Osinkina
G. Kolchugina*

Summary: The purpose of this study is to assess the quantitative content of toxicants in the snow cover of some areas of the city of Magnitogorsk. Determination of water quality was carried out according to organoleptic parameters in accordance with standard methods, analysis of the content of chemical compounds was carried out by atomic absorption method in the chemical laboratory of PJSC MMK. In the course of chemical analysis, excesses of indicators for calcium and iron were established: 7.4 times for calcium content at the Leninsky point, for iron 32.96 times at the Left Bank point. In terms of the content of ionic forms, mercury, cadmium and lead, no excesses of the MPC standard for drinking water and cultural and domestic water use and the all-Russian background indicator were found to be exceeded.

The territory of the city of Magnitogorsk is systematically subject to emissions of solid dust pollutants with subsequent sorption on sediments and storage. The most favorable for living in the city is the southern part — Ordzhonikidzevsky district (right bank). Knowing the composition of snow pollutants, the accumulating capacity of precipitation, as well as selecting methods for continuous local monitoring of the state and migration activity of pollutants in the area, it is possible to timely determine the excess of MPC and take appropriate measures.

Keywords: toxicants; contamination indicator; snow; heavy metals; precipitation; environment; maximum permissible concentration; anthropogenic impact; xenobiotics.

Пonomарева Екатерина Михайловна
Оренбургский государственный
медицинский университет
bio_ogma@mail.ru

Осинкина Татьяна Владимировна
к.б.н., доцент, Оренбургский государственный
медицинский университет
osinkina12@mail.ru

Кольчугина Гюзель Фарыховна
к.б.н., доцент, Оренбургский государственный
медицинский университет
k_biology@orgma.ru

Аннотация. Цель данного исследования оценить количественное содержание токсикантов в снежном покрове некоторых участков города Магнитогорска. Определение качества воды проводили по органолептическим показателям в соответствии со стандартными методиками, анализ содержания химических соединений проводили атомно-абсорбционным методом в химической лаборатории ПАО ММК. В ходе химического анализа установлены превышения показателей по кальцию и железу: в 7,4 раза по содержанию кальция в точке Ленинский, по железу в 32,96 раза в пункте Левый берег. По содержанию ионных форм, ртути, кадмия и свинца превышений норматива ПДК для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и общероссийскому фоновому показателю превышений не обнаружено.

Территория города Магнитогорска систематически подвержена выбросам твердых пылевых загрязнителей с последующим сорбированием на осадках и сохранением. Наиболее благоприятной для проживания в городе является южная часть — Орджоникидзевский район (правый берег). Зная состав загрязнителей снега, аккумулирующую способность осадков, а также подбирая методы непрерывного локального мониторинга за состоянием и миграционной активностью поллютантов местности, возможно своевременно устанавливать превышения ПДК и принимать соответствующие меры.

Ключевые слова: токсиканты, индикатор загрязнения, снег, тяжелые металлы, осадки, окружающая среда, предельно-допустимая концентрация, антропогенное воздействие, ксенобиотики.

Введение

Осадки — одно из значительных звеньев влагообмена на Земле. Многолетнее, среднемесячное, сезонное, годовое количество осадков, среднегодовое количество осадков за определенный период времени, их распределение по земной поверхности, годовой и суточный ход, повторяемость, интенсивность являются определяющими характеристиками климата и мерой его благоприятности для живых организмов. Характеристика климатических условий имеет ключевое значение для растениеводства, садоводства, от-

раслей горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. В то же время промышленность является главным поставщиком поллютантов и ксенобиотиков в атмосферу [9, с. 151]. Именно осадки, характер которых позволяет им долгое время сохраняться в окружающей среде (снег), испытывая воздействие многодневной и даже многомесячной сорбции-десорбции загрязнителей с поверхности — помогают дать характеристику загрязнений окружающей среды за определенный период времени. Снег накапливает в себе токсические вещества, поступающие в атмосферу. Его химический состав во многом обусловлен загрязнением атмосферного

воздуха, и, соответственно, последующим загрязнением поверхностных вод и педосферы, а также пролонгированным проникновением в подземные воды, особенно в географических зонах с крупноструктурными почвами.

При формировании и выпадении снежного покрова в ходе механизмов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих соединений оказывается в нем обычно на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе [2]. Таким образом, снег — один из наиболее информативных и доступных индикаторов загрязнения окружающей среды [9, с. 154].

Материалы и методы (Materials and methods)

Материалом для исследования послужил снег, отобранный в январе 2021 года с горизонта 0–15±3,0 см высоты снежного покрова с поправками его общей глубины в точках отбора. Пробы снега были взяты с разных районов города Магнитогорска — приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Районы отбора проб снега

Район	Улица	№ образца
Ленинский	Комсомольская	№2
Правобережный	Гагарина	№3
Орджоникидзевский	Труда	№1
Орджоникидзевский (левый берег)	Кирова	№4

Сравнение образцов снега проведены по параметрам: внешний вид (цвет, прозрачность, осадок), органолептические свойства.

Цвет, прозрачность, осадок — определялись по стандартным методикам [15, с. 173].

Определение качества воды по органолептическим свойствам. Для определения запаха в чистую пробирку из кварцевого стекла наливали исследуемую воду (полученную при растапливании снега при комнатной температуре) на 2/3 объема, плотно закрывали деревянной пробкой, осторожно взбалтывали. Затем, открыв пробирку, определяли запах воды.

Химический анализ ионного состава снега и содержания тяжелых металлов (валовые формы) в нем проводили в химической лаборатории ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) атомно-абсорбционным методом.

Определение веса осадка. С каждого участка отбора проб получили по 3 литра талой воды, отфильтровали и высушили осадки на фильтре (в качестве фильтра были использованы ватные диски). Взвешивали чистые фильтры до фильтрования проб воды, а также высушенные фильтры после фильтрования.

Литературный обзор (Literature review)

В настоящее время выделена особая группа токсических соединений, поступающих в природные экосистемы, в которую входят наряду с органическими соединениями и группа металлов — кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец и хром как опасные для человека, свободноживущих простейших, растений и животных [2, с. 40; 3, с. 25; 4, с. 369]. К числу сверхтоксичных для живых организмов элементов причислены кадмий, свинец, ртуть и их соединения, как неорганической формы, так и металл-органические соединения в особенности. Следует отметить, что особую группу поллютантов составляют именно металл-органические и комплексные соединения, способные к миграции по цепям питания от одноклеточных организмов через пресноводных и морских организмов-фильтраторов (моллюски). Ксенобиотики концентрируются в тканях рыб, и, попадая в организм человека, рыбадных животных оказывают длительное воздействие в особенности на клетки печени, селезенки и почек, обладая кумулятивным эффектом [13, с. 190]. Кадмий ядовит для организмов даже в малых концентрациях, кроме того, опасность металла в том, что интоксикация может прогрессировать даже после прекращения контакта с ним [8, с. 21; 11, с. 15]. Свинец по токсичности и длительности действия стоит после таллия, ртути и кадмия, но металл хорошо аккумулируется в тканях организма [17, с. 260]. Ртуть и, в частности, её металл-органические соединения относятся к наиболее высоко токсичным для живых организмов веществам [12, с. 45; 7, с. 100; 14, с. 80]. Металл стоит первым в группе тиоловых ядов, приводящих к нарушению работы ферментов и ферментных ансамблей, лежащих в основе работы ионных насосов в мембранах клеток, ферментов митохондрий и гидролаз лизосом, антиоксидантных ферментов пероксисом. Подобные воздействия на молекулярные механизмы ключевых клеточных процессов способны спровоцировать значительные изменения и нарушения в обмене веществ любого живого организма [6, с. 217; 7, с. 98; 10, с. 61; 18, с. 250].

В окружающую среду подобные ионные формы металлов и их органические фракции попадают из природных и техногенных источников и быстро вовлекаются в атмосферные переносы в составе воздушных масс на значительные расстояния от источников первоначального выброса [16, с. 122]. Таким образом, соединения могут попадать в атмосферные осадки еще на стадии формирования облаков, циркулировать с ними. При изменении pH и грозových разрядах вступать в химические превращения и приобретать новые формы, часто более устойчивые для переноса на большие расстояния [1, с. 38; 9, с. 153]. В связи с этим, рассматриваемая тематика является крайне актуальной на сегодняшний день.

Цель работы — оценка количественного содержания токсикантов в снежном покрове некоторых участков города Магнитогорска.

Задачи: 1) Анализ данных литературы, раскрывающих влияние токсикантов на жизнедеятельность человека и среды его обитания; 2) Исследование содержания некоторых токсикантов в снежном покрове города Магнитогорска; 3) Проведение сравнительного анализа количественного содержания токсикантов в ряде районов города Магнитогорска.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения анализа установлено: по внешнему виду снег был идентичен во всех образцах, но небольшая разница в цветовых оттенках все же наблюдалась — устойчивый серый цвет снежного покрова с металлическим блеском отмечен на участке Орджоникидзевский район (ул. Кирова) (левый берег р. Урал).

Таблица 2.

Некоторые органолептические и морфологические показатели снега и снеговой воды

Образец	Внешний вид снега	Запах снега	Мутность воды	Наличие взвешенных частиц, мг
№1	белый	очень слабый	почти прозрачная	нет
№2	светло-серый	пыльный	мутная	нет
№3	светло-серый	слабый	мало мутная	нет
№4	серый	металлический	мутная с образованием осадка	0,001

Осадок присутствовал во всех пробах: в образце №4 (Орджоникидзевский (левый берег)) зафиксирован черный осадок, в образце № 2 (Ленинский) осадка не отмечено, но вода была очень мутная с хлопьевид-

ной устойчивой взвесью, в образце № 3 (Правобережный) — установлена слабо мутная вода, а в образце № 1 (Орджоникидзевский) отмечалась вода с малозаметным сероватым мелкокристаллическим осадком. Запах фиксировался самый насыщенный в образцах № 3 (Правобережный) (пыльный) и № 4 (левый берег) (металлический). В остальных образцах постороннего запаха не установлено (таблица 2).

Результаты химического анализа проб снега представлены в таблице 3.

Анализ таблицы 3 показал, что в некоторых районах исследования фиксировались превышения ПДК по показателям содержания кальция в форме Ca^{2+} и железа в форме Fe^{2+} , а также цветности и сухому остатку. Концентрация кальция превысила норматив ПДК в пробах осадков всех участков, наибольшее значение отмечено в пункте Ленинский (в 7,4 раза), на остальных пунктах значение варьировали в пределах от 2,5 до 4,5 раз. По железу также установлено превышение показателя на всех участках отбора проб снегового покрова с максимальным значением в пункте Левый берег в 32,96 раза и минимальным превышением норматива в точке Орджоникидзевский район (в 3,7 раза), по сухому остатку зафиксировано превышение на данном участке в 1,1 раза по сравнению с остальными пунктами исследования.

Результаты определения тяжёлых металлов в пробах снега представлены в таблице 4.

Установлено, что содержание ртути (Hg^{2+}), кадмия (Cd^{2+}) и свинца (Pb^{2+}) (табл. 4) в пунктах отбора проб не превысило гигиенические нормативы ПДК для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и общероссийский фоновый показатель (Израэль, 2011).

Анализ результатов показывает, что карбонатная жесткость воды во всех пробах находилась в норме,

Таблица 3.

Содержание некоторых химических компонентов в талой воде

Наименование компонента	Единицы измерения	Образцы				ПДК (предельно допустимая концентрация)
		№1 Орджоникидзевский	№2 Ленинский	№3 Правобережный	№4 Левый берег	
Цветность	градусы	25	58	37	64	35
Жесткость	ммоль/дм ³	0,5	1,4	0,8	1,9	5,0
Кальций (Ca^{2+})	мг/дм ³	9,9	29,6	15,1	18,0	4,0
Магний (Mg^{2+})	мг/дм ³	2,45	10,4	4,8	13,1	20,0
Сульфаты (SO_4^{2+})	мг/дм ³	2,8	5,0	4,1	24	100
Сухой остаток	мг/дм ³	45	76	63	163	150
Железо (Fe^{2+})	мг/дм ³	1,11	4,52	2,23	9,89	0,3

Содержание тяжелых металлов в пробах снега

Металл	Единицы измерения	Образцы				ПДК
		№1 Орджоникидзевский	№2 Ленинский	№3 Правобережный	№4 Левый берег	
Кадмий (Cd ²⁺)	мг/дм ³	<0,0001	<0,0001	0,000158	<0,0001	0,001
Свинец (Pb ²⁺)	мг/дм ³	<0,002	0,00429	0,00359	0,00502	0,03
Ртуть (Hg ²⁺)	мг/дм ³	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,00005	0,0005

не более 5 ммоль/дм³, что может свидетельствовать о незначительном привнесении карбонат— ($-\text{CO}_3^{2-}$) и гидрокарбонат-ионов ($-\text{HCO}_3^-$) в среду со снегом. В образцах №2 (Ленинский) и №4 (левый берег) значительно превышена цветность воды, что может быть обусловлено присутствием красящих веществ или их компонентов, тонкодисперсной сажи, содержащейся в выбросах промышленных предприятий, а также гумусовыми соединениями и хелатирующими агентами в составе почвы. Рост данного показателя может свидетельствовать о стабильном источнике выбросов.

В образцах № 2 (Ленинский) и № 4 (левый берег) превышена концентрация кальция на 1 дм³. Установлено, что кальций является умеренно опасным металлом для человека [4, с. 370]. Поступление кальция в организм сверх нормы (с водой, продуктами питания, кальций содержащими добавками) приводит к патологиям желудочно-кишечного тракта и преждевременному старению [5, с. 124]. Превышение массы сухого остатка на дм³ в области левого берега обусловлено близостью к промышленному центру чёрной металлургии ПАО ММК города Магнитогорска. Концентрация железа в форме (Fe²⁺) оказалась превышена во всех образцах. Известно, что избыток железа в воде негативно влияет на живые организмы: полученный металл не только не усваивается, но и полностью не выводится из пищеварительной системы. Происходит его накопление во внутренних органах (печень, селезенка, почки), которое постепенно перерастает в различные патологические состояния (гемохроматоз) [19, с. 58].

Содержание тяжелых металлов (кадмий, свинец, ртуть) в исследуемых пробах снега не превысило предельно допустимых концентраций в соответствии с нормативом для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и фоновым общероссийским показателем, которые бы могли оказывать негативное влияние на окружающую среду. Однако следует иметь ввиду, что указанные металлы способны к длительной аккумуляции в живых организмах и конечным звеном в экологических пищевых цепях часто выступает именно человек, что свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга содержания металлов-токсикантов в окружающей среде в зоне влияния ПАО ММК.

Основываясь на результатах органолептического, химического анализа и сравнения значений с предельно-допустимыми концентрациями в талой воде показано, что ситуация по содержанию поллютантов в снеговом покрове города Магнитогорска является неоднозначной. Установлено, что, наиболее «чистым участком» является Орджоникидзевский район, так как в зимний период здесь практически отсутствует антропогенное влияние: снижается поток автомобильного транспорта, учитывая розу ветров и расстояние от металлургического комбината — основной объем газо-пылевых выбросов от данного района относит в сторону.

Наиболее «грязным участком» оказался левый берег р. Урал, так как он расположен непосредственно рядом с ПАО ММК. В связи с этим, по-видимому, пылевые частицы с сорбированными на них токсическими компонентами, попадая в воздух в зимнее время в связи с резким охлаждением и конденсацией пара, быстрее, чем в летний период оседают на поверхности снега в непосредственной близости от источника загрязнения.

Ленинский и Правобережный районы по результатам анализа имеют незначительное (следовое) содержание загрязнителей, это объясняется удаленностью от крупных промышленных предприятий с учетом преобладающего направления ветра, загрязнение снежного покрова на данных территориях происходит в основном выбросами автомобильного транспорта.

Заключение

Таким образом, территорию города Магнитогорска нельзя назвать однозначно экологически благоприятной и комфортной для проживания. Наиболее благоприятной в городе является южная часть — Орджоникидзевский район (правый берег). Зная состав загрязнителей снега и его аккумулирующую способность, а также подобрав методы непрерывного локального мониторинга за состоянием и миграционной активностью поллютантов рассматриваемой местности, можно спрогнозировать и предупредить негативные последствия антропогенного воздействия на экологию и здоровье человека сохранив в чистоте природную среду для будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арефьева А.С. Современные представления о влиянии соединений ртути на клеточном и системном уровне: обзор / А.С. Арефьева, В.В. Барыгина, О.В. Зацепина // *Экология человека*. — 2010. — № 8. — С. 35–41.
2. Белеванцев В.И. Подход к химико-термодинамическому анализу состояний тяжёлых металлов в окружающей среде (на примере ртути) / В.И. Белеванцев, А.П. Рыжих // *Сборник трудов Второго международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты»*. — 2015. — С. 38–42.
3. Будников Г.К. Тяжёлые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г.К. Будников // *Соросовский образовательный журнал*. — № 5. — 1998. — С. 23–29.
4. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Ю.Н. Водяницкий // *Почвоведение*. — № 12. — 2012. — С. 368–375.
5. Даувальтер В.А. Ртуть в донных отложениях озера Имандра, Мурманская область / В.А. Даувальтер, Н.А. Кашулин // *Сборник трудов Второго международного симпозиума Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты*. — 2015. — С. 123–127.
6. Кузьмина В.В. Влияние поступающей с пищей ртути на процессы экзотрофии у рыб / В.В. Кузьмина, В.Т. Комов // *Сборник трудов Второго международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты»*. — 2015. — С. 215–219.
7. Линник П.Н. Содержание и формы миграции металлов в воде Запорожского водохранилища / П.Н. Линник, В.А. Жежеря, И.Б. Зубенко, А.В. Зубко // *Гидробиол. Журн.* — 2010. — Т. 46. — № 4. — С. 97–116.
8. Муртазалиева М.К. Исследование влияния ионов различных металлов на ферменты семян *Citrullus edullis* / М.К. Муртазалиева // *Известия ДГПУ*. — 2008. — № 2. — С. 17–22.
9. Негроров О.П. Снежный покров как индикатор состояния атмосферного воздуха в системе социально-гигиенического мониторинга / О.П. Негроров, В.С. Стародубцев // *Вест. ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация*. — 2005. — № 2. — С. 149–153.
10. Пенькова Г.А. Влияние ртути на гидролиз углеводов в кишечнике бурозубок / Г.А. Пенькова, И.Л. Голованова [и др.] // *Токсикологический вестник*. — 2012. — № 3. — С. 54–60.
11. Стравинскене Е.С. Проблема биодоступности тяжёлых металлов в экологическом мониторинге природных вод / Е.С. Стравинскене: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. — Красноярск, 2012. — 24 с.
12. Сухенко С.А. Ртуть в водохранилищах: новый аспект антропогенного загрязнения биосферы / С.А. Сухенко // *Аналит. обзор / СО РАН. Ин-т вод. и экол. проблем, ГПНТБ*. — Новосибирск, 1995. — 59 с. — (Сер. «Экология». Вып. 36).
13. Тёплая Г.А. Тяжёлые металлы как фактор загрязнения окружающей среды / Г.А. Тёплая // *Астраханский вестник экологического образования*. — №1(23). — 2013. — С. 182–192.
14. Томилина И.И. Биологические эффекты действия загрязняющих донные отложения водоёмов центрального и южного Вьетнама на гидробионтов / И.И. Томилина, Л.П. Гребенюк, Н.В. Лобус, В.Т. Комов // *Биология внутренних вод*. — № 4. — 2016. — С. 78 — 87.
15. Харина Г.В. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах Свердловской области / Г.В. Харина, Л.В. Алешина // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. — 2022. — Т. 333. — № 2. — 173–183.
16. Chaplygin V. The effect of technogenic emissions on the heavy metals accumulation by herbaceous plants / V. Chaplygin, T. Minkina, S. Mandzhieva, M. Burachevskaya, S. Sushkova, E. Poluektov, V. Kumacheva // *Environmental monitoring and assessment* — 2018. — Vol. 190 — № 3. — P. 124.
17. Kim H.S. Influence of road proximity on the concentrations of heavy metals in Korean urban agricultural soils and crops / H. S. Kim, K-R. Kim, W. Kim, G. Owens, K-H. Kim // *Archives of environmental contamination and toxicology*. — 2017. — Vol. 72. — № 2. — P. 260–268.
18. Swiercz A. Accumulation of heavy metals in the urban soils of the city Skarzysko-Kamienna (Poland) with regard to land use / A. Swiercz, E. Zajecka // *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. — 2018. — Vol. 13. — № 1. — P. 249–266.
19. Wu W. Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility / W. Wu, P. Wu, F. Yang, D. Sun, D-X. Zhang, Y-K. Zhou // *Science of the Total Environment*. — 2018. — Vol. 630. — P. 53–61.

© Пономарева Екатерина Михайловна (bio_ogma@mail.ru); Осинкина Татьяна Владимировна (osinkina12@mail.ru);
Кольчугина Гюзель Фарыховна (k_biology@orgma.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УЧАСТИЯ МОЛИБДЕНА И NaCl

CHANGES IN MORPHO-PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF SOYBEAN DEPENDING ON THE PARTICIPATION OF MOLYBDENUM AND NaCl

**S. Ragimova
A. Gadimov
Z. Abbasova
S. Ganizade**

Summary: The influence of the complex and individual effects of molybdenum and chloride salinization on the morphophysiological parameters of soybean (*Glycine hispida L.*), plants, variety «Bravo» depending on the duration of exposure to toxicants was studied. Plants were grown on Knop nutrient medium (1n) with the participation of molybdenum (20 ppm) and NaCl (100 mM) up to 21 days. Samples for analysis were taken on the 7th, 14th and 21st days of development. It is believed that the results obtained on the formation and functioning of plant responses to the action of two stress factors (Mo and NaCl), individually and in combination, bring us closer to understanding the general mechanism of plant adaptation to various types of stressors and can be used to increase plant resistance to metals and salts.

Keywords: soybean, Mo, NaCl, toxicity, morphological parameters.

Рагимова Самира Натиг

ассистент, Азербайджанский Государственный
Аграрный Университет, Гянджа, Азербайджан
samira.rahimova84@gmail.com

Гадимов Аладдин Гасан

доктор философии по биологии, доцент,
Институт Ботаники Министерство науки
и образования АР, г. Баку
agadimov@mail.ru

Аббасова Зумруд Исмаил

доктор философии по биологии, доцент,
Институт Ботаники Министерство науки
и образования АР, г. Баку
zabbas@mail.ru

Гани-заде Сима Иршадовна

доктор философии по биологии, доцент,
Институт Ботаники Министерство науки
и образования АР, г. Баку
ganizadesima@gmail.com

Аннотация: Изучено влияние комплексного и индивидуального воздействия молибдена и хлоридного засоления на морфофизиологические показатели растения сои (*Glycine hispida L.*), сорта «Браво» в зависимости от длительности воздействия токсикантов. Растения выращивали на питательной среде Кнопа (1n) при участии молибдена (20 ppm) и NaCl (100 mM) до 21 дня. Пробы для анализа отбирали на 7, 14 и 21 сутки развития. Считается, что полученные результаты по формированию и функционированию реакции растений на действие двух стрессовых факторов (Mo и NaCl) в отдельности и в комплексе приближают нас к пониманию общего механизма адаптации растений к различным типам стрессоров и могут быть использованы для повышения устойчивости растений к металлам и солям.

Ключевые слова: соя, Mo, NaCl, токсичность, морфологические показатели.

Введение

Известно, что различные абиотические стрессовые факторы значительно снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Они вызывают метаболические нарушения и окислительный стресс, что приводит к повреждению растительных клеток. Особенно засоление задерживает рост растительных организмов. Избыточное накопление в растениях ионов Na^+ и Cl^- отрицательно влияет на физиолого-биохимические процессы. В частности, нарушается усвоение питательных веществ, поглощение воды корнями и осмотическая регуляция, синтез белков и нуклеиновых кислот. Нарушается гормональный баланс. Кроме того, уменьшается скорость фотосинтеза и повышается скорость фотодыхания, что способствует к увеличению активных форм кислорода [5, 6, 9].

В литературе имеется большое количество данных о негативном влиянии повышения концентрации тяжелых металлов в почве на ростовые и морфофизиологические показатели различных растений [2, 6, 10].

В высоких концентрациях тяжелые металлы способствует к торможению роста, кроме того, нарушается водный обмен и изменяется физиологические процессы [4]. Другие исследования показывают, что обработка семян сои микроэлементами и регуляторами роста оказывает положительное влияние на их всхожесть и густоту растений на возделываемых полях [5].

Являясь важным питательным микроэлементом в развитии растений молибден (Mo) играет важную роль в метаболизме углерода, азота и серы. Нехватка молибдена в почвах (особенно засоленных почвах) снижает активность нитратредуктазы в растениях, это приводит

к дефициту азота в растениях, что чревато плохим ростом проростков и снижением продуктивности зерна [11, 13, 19, 24].

Несмотря, что требуется в малых количествах, молибден используется растительными ферментами в процессе восстановительных и окислительных реакций. Сам молибден биологически не активен, но входит в состав органических птеринов, то есть молибдокофакторов (Мосо). Такие ферменты как нитратредуктаза, нитритредуктаза, нитрогеназа, ксантиноксидаза и сульфитоксидаза является молибдоферментами. В этих ферментах молибден выполняет структурную и каталитическую функцию, кроме того, принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях [14, 15, 17, 21].

Молибден относится к элементам с высокой степенью аккумуляции в растениях. При избытке удобрений, содержащих Мо, он может накапливаться в растениях в достаточно больших количествах, намного превышая допустимую норму (1–2 мг/кг –ppm). Избыток Мо весьма токсичен для растений, он оказывает отрицательное воздействие на них, замедляя рост и снижая их урожайность [23].

Бабенко с соавторами показали, что обработка растений Мо в условиях засоления положительно влияла на состояние растений, на их рост и развитие, высота растений и длина корней при этом увеличивались даже по сравнению с контролем, увеличивался и сырой вес побегов и корней. Обработка молибденом приводила к видимому улучшению статуса растений, получивших до того NaCl, по сравнению с растениями, выращенным без молибдена [7].

Поэтому в статье изучено влияние молибдена на некоторые морфофизиологические показатели растения сои в условиях хлоридного засоления в зависимости длительности воздействия стрессовых факторов (засоление, избыток молибдена) комплексно и раздельно.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования использовали растения сои (*Glycine hispida* L.), сорта «Браво», полученные из Азербайджанского научно-исследовательского института Сельского хозяйства. Опыты проводили на корне, стебле, главных и семядольных листьях растения. После проращивания семян растения в термостате проростки пересаживали в питательный раствор Кнопа (1н, рН 6,0).

Схема опыта: 1. Контроль (К); 2. К+NaCl (100 mM); 3. К+(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O (20 ppm); 4. К+ NaCl (100 mM) +(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O (20 ppm)

Растение выращивали в течение 3 недель (21 день). Пробы для анализа из всех вариантов отбирали 3 раза, на 7, 14 и 21 сутки развития в трех биологических повторности. Морфометрические показатели в органах растений определяли общепринятыми методами [3].

Результаты и их обсуждение

Анализ многочисленных литературных материалов и наши личные исследования позволяют говорить о том, что действие тяжелых металлов на растения и их ответные реакции зависят от известной зависимости «концентрация-эффект», имеющей двухфазный характер. То есть, если тяжелые металлы в слабых концентрациях могут оказывать стимулирующее действие на растения в зависимости от физиологических процессов, в зависимости от степени повышения их концентрации в ряде случаев они оказывают токсическое действие, приводящее иногда к гибели растения [1, 4, 16].

Установлено, что приспособление растений к абиотическим факторам можно усилить на первых этапах их развития. Поэтому исследователи рекомендуют замачивать семена растворами, содержащими молибден, перед посевом для выращивания растений на засоленных почвах. Этот процесс ускоряет созревание семян и улучшает их адаптацию к абиотическим факторам за счет значительного увеличения процента всхожести семян и улучшения развития растений в течение всего сезона [8, 12, 18, 22].

Поэтому в работе исследовали формирование систем адаптации растений к токсическому действию двух стрессовых факторов засоления (NaCl) и молибдена (Mo) по отдельности и вместе. Полученные результаты показали, что эти вещества серьезно повлияли на морфологические и физиологические показатели (Рис. 1).

На 21-й день развития растений мы наблюдали, что корни сои более чувствительны к присутствию молибдена, чем стебли. В случае совместного присутствия Мо и NaCl корни превосходили стебель по высотным параметрам (в % к контрольному варианту). Этот показатель также был выше по сравнению с корнями варианта Мо. Так, на 7-й день развития 133,3 %, на 14-й день — 125,9 %, на 21-й день — 125,6 %. Что касается растений варианта с одним NaCl, то их длина корней превышала длину корней контрольных растений на 09 %, 19 % и 17 % в зависимости от продолжительности эксперимента (Рис. 1).

Концентрация засоленной среды (100 mM), оказывающая защитное действие на растение, не только снижала токсическое действие молибдена на ростовые показатели растения, но и влияла на накопление биомассы различных органов растения, особенно корней (Рис. 2).

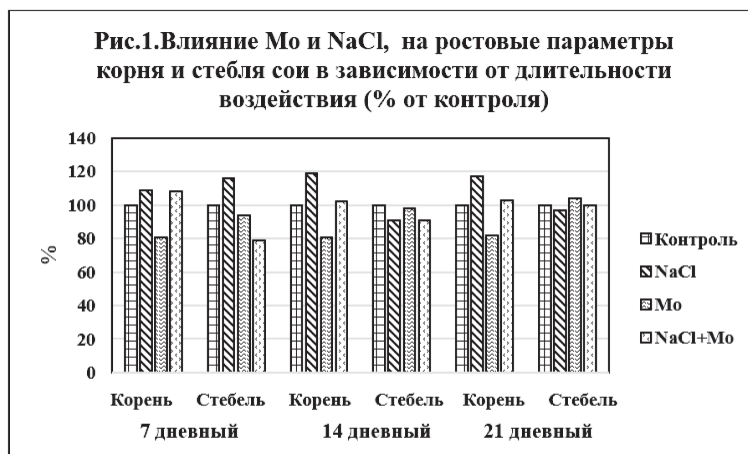


Таблица 1.

Влияние молибдена и засоления при их отдельном и совместном применении на количество, вес и площадь листьев растений сои в зависимости от длительности воздействия

Растения Варианты	Кол-во наст. листьев	Сред. вес 1 наст. листа (мг)	Площадь 1 наст. листа (см ²)	Сред. вес 1 семяд. листа (мг)	Площадь 1 сем. листа (см ²)
7 дневные					
Контроль	1	142	3,75	94	2,36
NaCl	1	116	3,01	74	1,87
Mo	1	98	2,39	64	1,61
NaCl+Mo	1	107	2,74	69	1,74
14 дневные					
Контроль	2	119	3,24	69	1,74
NaCl	1	119	3,24	69	1,74
Mo	2	97	2,49	79	1,98
NaCl+Mo	2	82	2,11	64	1,61
21 дневные					
Контроль	3	118	3,24	89	2,24
NaCl	2	80	2,11	79	1,99
Mo	1	140	3,74	89	2,24
NaCl+Mo	2	47	1,24	59	1,47

Например, в молибденовом варианте корни растения накапливали 81,4 %, 85,2 % и 85,9 % биомассы в зависимости от длительности выращивания по сравнению с контролем, а в варианте Mo+NaCl этот показатель составлял 110,5 %, 123,7 % и 105,9 % соответственно. То есть сухая биомасса корней составила 135,7 %, 145,8 % и 123,3 % в зависимости от продолжительности опыта в варианте Mo+NaCl по сравнению с вариантом Mo. Как видно из полученных результатов, солевая среда снижает токсическое действие молибдена на развитие растений (Рис. 2).

Определение площади и массы основных и семядольных листьев показало, что (табл. 1) на 21-е сутки эксперимента, несмотря на увеличение числа листьев в варианте Mo+NaCl по сравнению с молибденовым вариантом, их масса и площадь были меньше, чем у молибденового варианта.

По этим показателям последние даже превосходили листья контрольного варианта. Масса семядольных листьев молибденового варианта была такой же, как и семядольных листьев контрольного варианта, а в варианте Mo+NaCl они отставали от контрольных растений и листьев молибденового варианта на 33,7 % (Табл. 1).

Исследования по содержанию воды в органах растения сои, подвергшихся токсическому действию Mo и NaCl по отдельности и вместе, показали, что адаптация растения к хлоридному засолению наблюдается по уменьшению угнетающего действия молибдена на водный статус растения. В варианте Mo+NaCl обводненность корней и стеблей растения была выше, чем в варианте Mo (23 % и 24 %), что, в свою очередь, положительно сказывалось на их ростовых процессах.

Анализ полученных данных дает нам основание предполагать, что при совместном действии Mo и NaCl наблюдается защитный эффект среднего засоления в процессе адаптации растения сои к токсическому действию молибдена.

Полученные результаты по формированию и функционированию реакции растений на действие двух стрессовых факторов (Mo и NaCl) в отдельности и в комплексе приближают нас к пониманию общего механизма адаптации растений к различным типам стрессоров и могут быть использованы для повышения устойчивости растений к металлам и солям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гадимов А.Г., Ализаде К.С., Рагимова С.Н., Расулова С.М. (2022) Активность нитратредуктазы у вигны при хлоридном засолении с участием триходермы и молибдена. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и Технические Науки — № 07/2. — С. 9–15. DOI 10.37882/2223-2966.2022.07-2.04
2. Гармаш, Н.Ю. (2006) Эколого-агрохимическое обоснование управления качеством растениеводческой продукции при различных факторах антропогенного воздействия на почву // Дисс. . . д.б.н. — Москва, 2006. — 351 с.
3. Дышко В.Н., Дышко В.В., Романенко П.В., Слученкова Н.В. (2014). Методики агрохимических исследований почв и растений: учебнопрактическое пособие. — Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», — 197 с.
4. Елькина, Г.Я., Табаленкова Г.Н., Куренкова С.В. (2001) Влияние тяжелых металлов на урожайность и физиолого-биохимические показатели овса // Агрохимия. — № 8. — С. 73–78.
5. Столяров, О.В. (2001) Влияние микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество семян сои // Зерновые культуры. — № 3. — С. 26–27.
6. Ali S., Zeng F., Qiu G., Zhang G. (2011) The effect of chromium and aluminum on growth, root morphology, photosynthetic parameters and transpiration of the two barley cultivars. // *Biologia plantarum*. — V. 55. — № 2. — P. 291–296.
7. Babenko O.N., Brychkova G., Sagi M., Alikulov Z.A. (2015) Molybdenum application enhances adaptation of crested wheatgrass to salinity stress // *Acta Physiol. Plant*. 37.14.
8. Campo R.J., Araujo R.S., Hungria M. (2009) Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. *Field Crops Res* 110:219–224.
9. Franzen D. (2007). Salt accumulation processes. North Dakota state Univ., Fargo ND 58105.
10. Gad N. (2005). Interactive effect of cobalt and salinity on tomato plants II — Some physiological parameters as affected by cobalt and salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences Pakistan*. 1(3): 270–276.
11. Ide Y., Kusano M., et al. (2011) Effects of molybdenum deficiency and defects in molybdate transporter MOT1 on transcript accumulation and nitrogen/sulphur metabolism in *Arabidopsis thaliana*. *J Exp Bot*. 62 (4): 1483–1497. Doi: 10.1093/jxb/erq345.
12. Jisha K.C., Vijayakumari K., Puthur Jos T. (2013) Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiol. Plant* 35(5):1381–1396.
13. Kovacs B., Puskas-Preszner A., Huzsvai L., et al. (2015) Effect of molybdenum treatment on molybdenum concentration and nitrate reduction in maize seedlings. *Plant Physiol Biochem*. 96 (6):38–44. Doi: 10.1016/j.plaphy.2015.07.013.
14. Mendel R.R. (2011) Cell biology of molybdenum in plants. *Plant Cell Rep* 30(10):1787–1797
15. Mendel R.R., Kruse T. (2012) Cell biology of molybdenum in plants and humans. *Biochim biophys Acta*. 1823(9):1568–79. Doi: 10.1016/j.bbamcr.2012.02.007
16. Osman, S.A., Salama, D.M., AbdEl-Aziz, M.E., Shaaban, E. A. & AbdElwahed, M. S. (2020) The influence of MoO₃-NPs on agromorphological criteria, genomic stability of DNA, biochemical assay, and production of common dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Physiol. Biochem*. 151, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.009>.

17. Qin S.Y., Sun X.C., Hu C.X., Tan Q.L., Shao X.H. (2017). Uptake, transport and distribution of molybdenum in two oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars under different nitrate/ammonium ratios. *J Zhejiang Univ Sci B*. 18(6):512–521. Doi: 10.1631/jzus.B1600249.
18. Sahar M. Zakaria. (2017). Effekt of P-Fertilizer and micronutrient (Fe and Mo) on seeds Yeld of soybean and its quality under sandy soil condition. *Menoufia J. Soil Sci.*, vol. 2. p. 211–225.
19. Santos R.L., Freire F.J., Oliveira E.C.A., Freire M.B. GS, West J.B., Barbosa J.A., Moura M.J., Bezerra P.C. (2019) Nitrate reductase activity and nitrogen and biomass accumulation in sugarcane under molybdenum and nitrogen fertilization. *Rev Bras Cienc Solo*. 43:e0180171. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180171>
20. Silva C., Martinez V. and Carvajal M. (2008). Osmotic versus toxic effects of NaCl on pepper plants. *Biol. Plantarum*, 52(1): 72–79.
21. Sugimoto H., Sato M., Asano K., Suzuki T., Mieda K., Ogura T., Matsumoto T., Giles L.J., Pokhrel A., Kirk M.L., Itoh S. (2016) A model for the active-site formation process in DMSO reductase family molybdenum Enzymes involving Oxido-alcoholato and oxido-Thiolato molybdenum (VI) core structures. *Inorg Chem*. 15;55(4):1542-50. Doi: 10.1021/acs.inorgchem.5b02395.
22. Umair A., Ali S., Tareen M.J., Ali I., Tareen M.N. (2012) Effects of seed priming on the antioxidant enzymes activity of Mungbean (*Vigna radiata*) seedlings. *Pak J Nutr* 11(2):140–144.
23. Ventura Y., Wuddineh W.A., Ephrath Y., Shpigel M., Sagi M. (2010) Molybdenum as an essential element for improving total yield in seawater-grown *Salicornia europaea* L. // *Sci. Hortic*. Vol. 126. P. 395–401.
24. Yang M., Shi L., Xu F., et al. (2009) Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) pedosphere, 19(1):53–59.doi:10.1016/S1002-0160(08)60083-1.

© Рагимова Самира Натиг (samira.rahimova84@gmail.com); Гадимов Аладдин Гасан (agadimov@mail.ru);
Аббасова Зумруд Исмаил (zabbas@mail.ru); Гани-заде Сима Иршадовна (ganizadesima@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ИЗ ЛИСТВЕННИЦЫ НА ОСНОВЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

ECOLOGY AND PRODUCTION OF LOW-TOXIC CHIPBOARDS FROM LARCH BASED ON LIGNOSULFONATES

V. Tishchenko
O. Mishchenko

Summary: Particle boards are in high demand today, this is due to their low cost and wide range, but their significant drawback is a negative environmental factor — toxicity. In this paper, the authors analyzed the qualitative and physico-chemical characteristics of the resins used in the production of particle boards. The analysis was based on low-molten urea-formaldehyde resins of various brands of domestic production. The analysis showed that with the improvement of existing grades of resins, a number of side problems arise, such as limited viability and short shelf life, fast resin synthesis, high air pollution with methanol during production, fire hazard, etc. As an alternative, it is proposed to use secondary wood processing products of the pulp and paper industry — lignosulfonates. The results of the work confirm the possibility of effective use of lignosulfonates (waste of the cellulose industry) and modifier A (waste of hydrolysis production) as binder components, in particular, for the manufacture of particle boards.

Keywords: chipboard, larch, lignosulfonate, low-molecular-weight urea-formaldehyde resins, modified binder, formaldehyde, toxicity.

Тищенко Виктор Павлович

канд. техн. наук, доцент,

Тихоокеанский государственный университет

004002@pnu.edu.ru

Мищенко Ольга Алексеевна

канд. техн. наук, доцент,

Тихоокеанский государственный университет

004907@pnu.edu.ru

Аннотация. Древесно-стружечные плиты на сегодняшний день весьма востребованы, это объясняется их низкой стоимостью и широким ассортиментом, однако существенным их недостатком является отрицательный экологический фактор — токсичность. В данной работе авторами проведен анализ качественных и физико-химических характеристик смол применяемых в производстве древесно-стружечных плит. В основу анализа были взяты низкомолекулярные карбамидоформальдегидные смолы различных марок отечественного производства. Анализ показал, что при усовершенствовании имеющихся марок смол возникают ряд побочных проблем, таких как ограниченная жизнеспособность и малый срок хранения, быстропотекающий синтез смолы, высокая загазованность воздушной среды метанолом, при производстве, пожароопасность и т.п. В качестве альтернативы предложено использовать вторичные продукты переработки древесины целлюлозно-бумажной промышленности — лигносульфонаты. Результаты работы подтверждают возможность эффективного применения лигносульфонатов (отходов целлюлозной промышленности) и модификатора А (отходов гидролизного производства) в качестве компонентов связующего, в частности, для изготовления древесно-стружечных плит.

Ключевые слова: древесно-стружечная плита, лиственница, лигносульфонат, низкомолекулярные карбамидоформальдегидные смолы, модифицированное связующее, формальдегид, токсичность.

Введение

Древесно-стружечная плита (ДСП) является одним из самых востребованных материалов в строительной сфере, который достаточно хорошо заменяет массивную древесину при производстве мебели, строительных и ремонтных работ. Плиты ДСП с успехом заменяют деревянные строительные материалы, их активно используют для изготовления стеновых панелей, перегородок, основания полов и кровельных поверхностей, обшивки стен и потолков.

Сырьем для промышленного производства ДСП являются отходы деревоперерабатывающей отрасли (стружка, опилки, обалол, древесина низкого качества и т.п.) это объясняется их относительной дешевизной. Для производства качественной экологически и эко-

номически обоснованной продукции следует уделять внимание такому фактору, как токсичность плит, снижению расходования составных компонентов клеевой основы, разработке рациональных эколого-технологических процессов, обеспечивающих минимизацию продолжительность склеивания при требуемой степени отверждения связующего. Опираясь на возрастающую потребность производства в использовании низкотоксичных клеев, эффективным способом создания таких клеев является модификация и наполнение исходных синтетических компонентов в составе смол.

В последние годы потребители, производители и заинтересованные организации стали уделять большое внимание санитарно-гигиенической чистоте продукции. Так, Европейский Комитет по Стандартизации CEN (European Committee for Standardization) для про-

мышленного выпуска древесных плит утвердил систему стандартов, которая завоевывает уважение во всем мире и определяет характеристики плит, выпускаемых не только в странах Европы, но и во всем мире. Эти стандарты наиболее точные и определяют практически все характеристики древесных плит, которые важны для их использования. Для древесностружечных плиты нормы соответствуют стандарту EN 312 [1].

Анализ характеристик смол применяемых в производстве ДСП

Не смотря на то, что проведено множество исследований по снижению токсичности карбамидоформальдегидных (КФ) смол, клеев и продукции на их основе, а также повышению экологической безопасности их производства (загрязнение окружающей среды отходами, содержащими формальдегид (ФА)) [2-9], окончательно эти проблемы до сих пор еще не решены. Одним из недостатков древесностружечных плит при эксплуатации является их экологическая небезопасность для человека ввиду содержания в смоле формальдегида. Токсичность древесностружечных плит, обусловленная выделением из них формальдегида (CH_2O), изучается уже более 35 лет. Эти исследования смогли выявить механизмы реакций, пути образования и выделения формальдегида в технологическом процессе изготовления плит, а также при их эксплуатации. Более того, определено несколько направлений решения этой проблемы. Одним из решений, заслуживающих внимания, является минимизация состава свободного CH_2O в используемых карбамидоформальдегидных смолах.

На интенсивность выделения формальдегида оказывают воздействие ряд условий: параметры прессования плит ДСП (температура, продолжительность прессования, влажность подготовленной стружки), состав и свойства используемой смолы (прежде всего содержание в смоле свободного CH_2O), микроклиматические условия, в которых будут эксплуатироваться изделия из получаемых ДСП. На общую концентрацию формальдегида в помещении, при его выделении из элементов мебели, декора, отделы влияет микроклимат этого пространства, т.е. главные его составляющие температура, влажность и подвижность воздуха. Грамотно организованная аэрация помещений (или наоборот ее отсутствие), также оказывают влияние на концентрацию CH_2O . Например, концентрация фенола и формальдегида держится на относительно постоянном уровне при температурном режиме воздуха в пределах 18–25 °С, при увеличении температуры более чем на 5 °С, и повышении влажности воздуха, происходит увеличение концентрации веществ в 2–2,5 раза.

В настоящее время с точки зрения обеспечения санитарно-гигиенических норм, требования к плитным мате-

риалам ужесточаются. В соответствии с [10] содержание формальдегида, выделяемого ДСП в производственных и общественных помещениях, не должно превышать ПДК для воздуха рабочей зоны равной 0,5 мг/м³, ПДК среднесуточную 0,01 мг/м³, ПДК максимальн разовую 0,05 мг/м³.

В РФ разработано достаточно разнообразное по составу, качеству, физико-химическим параметрам количество низкомолекулярных карбамидоформальдегидных смол различных марок: КФ-НП, КФ-60П, КФ-А, КФ-МТ, КФ-МТ-15, КФ-МТ-15КП, КФ-МТ-ПП, КФ-МТУ, КФС-1, КФ-НФП, КФ-015, КФ-015 М, КФ-02, КФ-02Э, КФ-МНП, КФ-53Д и других, но мольное отношение карбамида к формальдегиду (К:Ф) в указанных смолах находится в пределах от 1:1,3 до 1:1,12. Применение данных смол позволяет получать продукцию класса «Е2», а для некоторых марок древесноволокнистых плит – «Е1». Среди перечисленных составов смол существуют вакуумированные, например КФ-НФП, КФ-МТ (сухой остаток более 63 %), полувакуумированные и невакуумированные, например КФ-60П, КФ-02Э, КФ-53Д, КФ-НВ, СКФ-НМ (сухой остаток в пределах 50–60 %). Содержание свободного CH_2O в приведенных смолах зависит от марки и составляет в среднем 0,3 % (КФ-МТ, КФ-А), для отдельных марок 0,1 % (КФ-НП) [11, 12].

Анализ достижений отечественной промышленности в применении низкомолекулярных карбамидоформальдегидных смол

Анализ достижений отечественной промышленности в применении низкомолекулярных карбамидоформальдегидных смол с мольным соотношением карбамида и формальдегида 1:1,2–1,25 показал, что они могут быть применимы в качестве связующего при производстве плитных материалов. Например, при использовании вакуумированной смолы КФ-НФП и полувакуумированных смол КФ-60П, КФ-Н-54, КФ-НВ, КФ-НП можно получать плиты класса токсичности «Е1» и «Е2». Однако, следует отметить, что при использовании разработанной ООО «ЦНИИФ» смолы КФ-НФП выявлен ряд побочных факторов: ограниченная жизнеспособность и малый срок хранения (следовательно сопутствующая проблема, данную смолу нельзя транспортировать, ее производство должно быть налажено непосредственно на месте формирования и выпуска плит); смола сложного и быстропротекающего синтеза (это сдерживает ее применение); смола малоприспособна для фанерных предприятий, которые используют холодную подпрессовку пакетов шпона, что ведет к снижению прочности склеивания. Схожими недостатками обладают смолы марок КФ-МТ, КФ-МТ-У, КФ-МТ-15 в производстве фанеры, хотя они и дают снижение токсичности до 10 мг на 100 г абсолютно сухой фанеры.

Усовершенствованные составы отечественных карбамидоформальдегидных смол КФ-А, КФ-115-53, КФ-115-

55, получены методом глубокой конденсации в кислой среде. Однако при производстве таких смол отмечается высокая загазованность воздушной среды метанолом (до 100 мг/м^3 при $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$), что увеличивает риск пожаро-взрывоопасности [13].

На предприятии «Акрон» (г. Великий Новгород) разработана карбамидоформальдегидная смола серии КФ-ЕС с содержанием свободного CH_2O 0,1 %, применение данной смолы дает возможность получать фанеру класса «Е1» при одновременном снижении расхода связующего в результате улучшения свойств пленочной структуры полимерного отверждения [14, 15]. Применяя смолу КФ-ЕС(Ф) для изготовления фанеры прочность склеивания составляет не менее 1,5 МПа.

Возможности применения лигносульфонатов

В настоящее время особое внимание обращается на более полное использование вторичных продуктов переработки древесины в народном хозяйстве. Одним из видов такого сырья являются отходы целлюлозно-бумажной промышленности — лигносульфонаты (ЛСТ). ЛСТ имеют достаточное количество реакционно способных групп, склонных к конденсационным процессам с другими веществами и могут быть хорошими органическими наполнителями. Учитывая, клеяще-вязущие и поверхностно активные свойства лигносульфонатов их можно использовать при изготовлении ДСП. Поскольку в качестве добавки для придания прочности в производстве применяются токсичные фенолформальдегидные или карбамидоформальдегидные смолы, то смешивание в процессе изготовления модифицированных лигносульфонатов (20–30 %) и смол позволяет получить совмещенное связующее [16].

Следует отметить, что введение ЛСТ в состав смолы не требует изменения технологии и параметров процесса производства плит, более того, приводит к снижению расхода смолы, уменьшению эмиссии формальдегида в процессе производства и выделения CH_2O из готовых плит за счет уменьшения расхода смолы на 1 м^3 и адсорбции формальдегида наполнителями. Однако широкое применение ЛСТ в производстве ДСП сдерживается их низкой водостойкостью. Для ликвидации этого недостатка применяют модифицированные ЛСТ.

Цель и Методы исследования

Целью данного исследования является разработка и проверка в лабораторных условиях технологии замещения части связующего ЛСТ в производстве ДСП из лиственницы. В процессе исследования были изучены процессы отверждения, разработанного связующего, его взаимодействия с древесиной, влияния технологических факторов на свойства плит с модифицированным

составом, предложены рекомендации по оптимальному составу связующего.

В исследованиях использованы стандартные методики для определения физико-механических свойств ДСП. Измерение количественных выделений формальдегида в процессе прессования плит осуществлялось на установке, включающей герметичную рамку, прямые холодильники, колбы с дистиллированной водой и ротационную установку для отбора проб воздуха. Охлажденная в холодильниках парогазовая смесь собирается в колбах. Полученный раствор анализируется на содержание формальдегида йодометрическим методом. В качестве базовой принята карбамидоформальдегидная смола марки КФ-МТ (по ГОСТ 14231–88 [17]). Критериями выбора состава клеевой композиции являлись ее клеящие свойства, время желатинизации, вязкость, концентрация водородных ионов. В экспериментах по исследованию влияния состава связующего, а также технологических факторов на свойства ДСП применялись методы математического планирования. Для решения задачи оптимизации процесса по нескольким параметрам использовался предложенный Харингтоном в качестве обобщающего критерия оптимизации функция желательности D [18]. При обработке данных использовались методы математической статистики.

Проведенные ранее исследования [19] позволили установить, что введение модификатора А (смесь фурфуролового спирта, фурфурола, терпенов скипидарных фракций) может быть одним из путей увеличения реакционной способности смолозаменяющих добавок. В качестве смолозаменяющих добавок использовались лигносульфонаты (СДБ) Амурского ЦКК. За счет наличия гидроксильных и карбонильных групп создается возможность взаимодействия СДБ и карбамидоформальдегидной смолы и их совместной поликонденсации. Изучение взаимодействия, совмещенного связующего производилось на однослойных плитах размером $315 \times 315 \times 16 \text{ мм}$ из стружки лиственницы. Плотность плит — 700 кг/м^3 , расход связующего — 12 %. Плиты прессовались при давлении 2,4 МПа, температура плит пресса $160 \text{ }^\circ\text{C}$ и длительности прессования 0,35 мин/мм толщины плиты. Параметры результатов исследования приведены в табл.

Исследование влияния количества СДБ и модификатора А на ряд показателей совмещенного связующего позволили установить следующее: введение СДБ, имеющих значительное количество сильнокислых сульфогрупп, уменьшает рН связующего и способствует уменьшению вязкости и продолжительности отверждения, причем минимальное значение продолжительности отверждения наблюдается при следующем составе связующего — 75 % КФ-МТ + 25 % (СДБ + 60 % модификатора А).

Физико-механические показатели плит в зависимости от состава связующего (приведенные к плотности плит 700 кг/м³)

Состав связующего	Физико-механические показатели плит			
	σ_u , МПа	σ_p , МПа	∇h , %	CH ₂ O* г/100 г абс. сухой стружки
100 % КФ-МТ	16,38+0,51	0,37+0,02	28,72+0,68	11,12+0,79
Композиция без модификатора А				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	14,07+0,55	0,39+0,02	33,13+1,16	21,46+3,97
80 % КФ-МТ+20% СДБ	14,98+1,00	0,30+0,01	29,50+1,20	19,61+1,30
75 % КФ-МТ+25% СДБ	16,15+0,80	0,35+0,02	23,31+2,24	16,13+3,38
70 % КФ-МТ+30% СДБ	13,96+0,85	0,20+0,03	38,49+1,35	9,16+0,60
Композиция с модификатором А, 20 % от СДБ				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	18,13+1,29	0,44+0,02	27,89+1,44	13,83+0,41
80 % КФ-МТ+20% СДБ	16,27+0,29	0,46+0,01	28,78+1,72	20,52+0,55
75 % КФ-МТ+25% СДБ	18,24+1,01	0,39+0,05	23,14+2,15	26,12+0,84
70 % КФ-МТ+30% СДБ	15,59+0,82	0,25+0,04	33,41+1,84	19,97+2,97
Композиция с модификатором А, 40 % от СДБ				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	14,84+1,00	0,27+0,03	34,36+1,14	14,73+0,39
80 % КФ-МТ+20% СДБ	16,39+0,79	0,38+0,03	34,40+0,95	26,32+0,10
75 % КФ-МТ+25% СДБ	18,67+1,25	0,41+0,04	17,49+1,05	30,24+0,27
70 % КФ-МТ+30% СДБ	14,65+0,57	0,22+0,03	35,07+1,49	28,97+0,85
Композиция с модификатором А, 60 % от СДБ				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	13,92+0,70	0,32_0,02	23,10+1,33	18,95+0,59
80 % КФ-МТ+20% СДБ	16,84+0,88	0,36+0,02	34,27+2,62	19,99+1,88
70 % КФ-МТ+30% СДБ	14,94+0,79	0,30+0,03	42,68+1,41	28,93+0,36

Анализ экспериментальных данных показывает целесообразность изучения влияния технологических факторов процесса прессования на прочностные и экологические показатели плит на связующем следующего состава: 75% КФ-МТ + 25 % (СДБ + 40 % модификатора А).

При этом составе наблюдается максимальная прочность на изгиб (18,67 МПа), минимальное разбухание (17,49 %) и достаточно высокая прочность на растяжение перпендикулярно пласти (0,41 МПа).

Анализ содержания свободного CH₂O в связующем показал, что замена 25 % карбамидоформальдегидной смолы привела к полному связыванию свободного формальдегида в композиции связующего. Это объясняется тем, что модифицированная СДБ имеет значительное количество реакционноспособных групп, способных к взаимодействию с формальдегидом. При этом прочность склеивания высокая. Для обоснования режима прессования ДСП был реализован план на кубе размерности К-4 типа В. Обработка экспериментальных данных

позволила получить следующие уравнения регрессии, адекватно описывающие исследуемый процесс:

— Предел прочности при статическом изгибе:

$$Y_1 = 18,03 - 0,59X_2 + 1,1X_3 - 5,13X_4 - 3,34X_1^2 + 3,68X_2^2 - 1,07X_3^2.$$

— Предел прочности на растяжение перпендикулярно пласти плиты:

$$Y_2 = 0,3173 + 0,035X_2 + 0,0679X_3 + 0,1106X_4^2 - 0,0358X_1 \cdot X_2.$$

— Разбухание плит:

$$Y_3 = 28,88 + 1,78X_1 + 2,99X_2 - 7,25X_3 + 7,74X_1^2 - 11,94X_2^2 + 6,13X_3^2 - 3,8X_4^2 - 1,36X_1 \cdot X_2.$$

— Выделения формальдегида в процессе прессования плит:

$$Y = 34,12 + 5,61X_1 + 4,82X_2 + 3,92X_3 + 0,37X_4 - 0,84X_1^2 - 2,12X_3^2 - 1,53X_4^2 - 3,02X_1 \cdot X_2 - 2,44X_1 \cdot X_3 - 1,23X_1 \cdot X_4 - 1,6X_2 \cdot X_3 - 1,0X_3 \cdot X_4.$$

В уравнениях X₁ — температура прессования, X₂ — расход связующего, X₃ — продолжительность прессования, X₄ — давление прессования.

Ограничения по входным параметрам: $140 < X_1$, 200 (°C); $0,3 < X_2 < 0,6$ (мин/мм); $10 < X_3 < 16$ (%); $2,2 < X_4 < 2,8$ (МПа).

Ограничения по выходным параметрам: $Y_1 > 17,65$ МПа; $Y_2 > 0,343$ МПа; $Y_3 < 30$ %; $Y_4 \rightarrow \min$.

Оптимизация процесса прессования осуществлена на ЭВМ ЕС-1035 и позволила определить параметры факторов режима прессования, обеспечивающего высокие физико-механические показатели плит на совмещенном связующем. Рациональная область прессования ДСП на связующем с модифицированной СДБ: температура прессования — 170 °C; продолжительность прессования — $1,27\text{--}0,35$ мин/мм; расход связующего — $12\text{--}14$ %; давление прессования — $2,2\text{--}2,4$ МПа.

Выводы

Проведенные исследования показали принципиальную возможность замещения части смолы в связующем СДБ в количестве более 20 %. Применение в составе связующего СДБ и модификатора А в количестве до 30 % позволяет снизить расход связующего при сохранении высоких физико-механических показателей плит. В сравнении с плитами на чистой смоле плиты на совмещенном связующем имеют на $11\text{--}14$ % более высокие показатели на изгиб, на $5\text{--}11$ % на растяжение перпендикулярно пласти, разбухание уменьшилось на 39 %. Такое явление

объясняется наличием дополнительного числа активных функциональных групп, а также наличием чрезвычайно активных компонентов в модификаторе А. Модификатор А вступает в химическое взаимодействие своими карбоильными группами, образуя новые активные центры, а также метилольными и кислотными фрагментами. Введение в связующее СДБ и модификатора А ведет к увеличению выделения формальдегида в процессе прессования плит, что способствует уменьшению токсичности плит в процессе их последующей эксплуатации.

Таким образом, результаты работы подтверждают возможность эффективного использования ЛСТ (отходов целлюлозно-бумажной промышленности) и модификатора А (отходов гидролизного производства) в качестве компонентов связующего, в частности, для производства ДСП. Применение технических лигносульфонатов в качестве смолзаменяющих добавок является одним из перспективных направлений совершенствования технологии изготовления ДСП. Кроме того, в древесине лиственницы содержатся больше смол и до $9\text{--}17$ % водорастворимых камедей, являющихся ценными клеящими продуктами и участвующими в процессе склеивания. Эти особенности лиственницы и сравнительно низкая проницаемость ее древесины повышают эффективность приклеивания древесных частиц, и, следовательно, улучшают физико-механические свойства показателей готовых древесно-стружечных плит.

ЛИТЕРАТУРА

1. DIN EN 312–2010. Particleboards — Specifications; German version EN 312:2010 URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6849046> (дата обращения: 20.04.2023).
2. Анохин Е.А. К методу определения десорбции формальдегида из древесностружечных плит // Древесные плиты. Теория и практика: 4-й Научно-практ. семинар, С.-Петербург, 21–22 марта 2001. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 80–82.
3. Леонович, А.А. Кремнезем для наполнения карбамидоформальдегидных смол при производстве древесностружечных плит // Проблемы химической переработки древесного сырья: сб. тр. / СПбЛТА. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 172–174.
4. Разиньков Е.М., Соловецкий В. И. Получение малотоксичных древесностружечных плит // Вест. Центр.-Черноземного регионального отд. наук о лесе АЕН / ВГЛТА. Вып. 1. — Воронеж: ВГЛТА, 1998. — С. 96–101.
5. Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л. Снижение токсичности древесных плит и клееных материалов: монография. Saarbrken : Academic Publishing, 2013. — 168 с.
6. Chubov A., Tsaryov G., Matyushenkova E. Exclusive Wood Protection Technique // Russian Forestry Review. — 2008. No. 3. — P. 79.
7. Хотилович П.А. Методы снижения токсичности древесностружечных плит // Проблемы химической переработки древесного сырья: сб. тр. / СПбЛТА. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 160–163.
8. Шалашов А.П., Бажанов Е.А., Иванов Б.К. Контроль загрязнения воздуха жилых помещений формальдегидом, выделяющимся из древесных материалов и изделий из них // Древесные плиты. Теория и практика: 4-й Научно-практ. семинар, С.-Петербург, 21–22 марта 2001. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 80–82.
9. Чубинский А.Н., Брутян К.Г. Формирование древесно-стружечных плит пониженной токсичности // Изв. СПбГЛТА. Вып. 186. СПб.: СПбГЛТА, 2009. С. 156–163.
10. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 10.03.2023).
11. Варанкина Г.С. Снижение токсичности древесных плитных материалов // ЛесПромИнформ №1 (75), 2011. С. 134–139.
12. Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Модификация фенолоформальдегидных смол отходами производства алюминия и целлюлозы // Лесн. журн. 2019. № 2. С. 130–140.
13. Варанкина Г.С. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Варанкина Г.С. — СПб, 2015. — 201 с.
14. Кондратьев В.П. Новые виды экологически чистых синтетических смол для деревообработки // Деревообрабатывающая промышленность. — 2002. — № 4. — С. 10–12.

15. Кондратьев В.П., Кондращенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. — М.: Научный мир, 2004. — 520 с.
16. Лигносulfонаты. Многоцелевое применение. URL: <http://zubk-perm.ru/lingosulfat> (дата обращения 02.03.2023).
17. ГОСТ 14231–88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия М.: ИПК Изд-во стандартов, 1989. — 15 с.
18. Маркова Е.В., Лисенков А.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. — Л.: Наука, 1973. — 270 с.
19. Разработка рекомендаций по увеличению объема заготовок и комплексному использованию лиственницы в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Раздел 4. Разработать и освоить технологические процессы изготовления древесностружечных плит из лиственничного сырья с замещением части смол техническими лигносulfонатами производства Амурского ЦКК : отчет о НИР (заключительный) : 5/86 / Хозрасчетное научное объединение ХПИ ; рук. Рязанцев А.А. — Хабаровск, 1987. — 51 с. — Библиогр. : № ГР 01860033261.

© Тищенко Виктор Павлович (004002@pnu.edu.ru); Мищенко Ольга Алексеевна (004907@pnu.edu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.06.40

УПРАВЛЕНИЕ КИСЛОРОДНЫМ РЕЖИМОМ РАСТЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ СИГНАЛОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КОНТИНУУМА НЕЙРОНА

CONTROL OF THE OXYGEN REGIME OF THE PLANT USING ARTIFICIAL SIGNALS OF THE INFORMATION- INTELLECTUAL CONTINUUM OF THE NEURON

M. Shaov
O. Pshikova
B. Sunsheva
L. Shugusheva
A. Akkizov

Summary: The reliability of living organism and even plants is in the effective of its defense mechanisms, in stability to the act of unpleasant factors of external environment lack of oxygen, water, excess of salt and reactions on stressors, aimed on defense intracellular structures and elimination unpleasant changes in cells. The aim of our work is to determine protective action of neuron — like imprinting technology «Neuroton -1» on plant's organism «*ophiopogon jaburan*» with stress factors. The tension of oxygen (P_{O_2}) is register with the help of polarography. Saline solution (0,6 n), dimming (2 ch), irrigation (3p) are stressors. The tension of oxygen registered in normal conditions, exposure salinization, dimming and irrigation in one series of experiences, the plant was exposed by action of information — intellectual neuron continuum signal duration of 10 minutes every day during 7 days for 5 meters before the plant in another series. The hyperoxy state occurs the increase of salt composition of environment under the stress — buster and the state of hypoxia is under dimming and excessive irrigation. Information impulse signals of neuron technology reliably protect the oxygen regime of plant's tissue from damaging effect of salinization, dimming and excessive irrigation.

Keywords: the plant, the stress, the active oxygen forms, the oxygen tension, the imprinting (energy-information exchange), neuroton — is the «voice» of neuron, the information-intellectual continuum.

Шаов Мухамед Талибович

д.б.н, профессор,

Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
shaov_mt@mail.ru

Пшикова Ольга Владимировна

д.б.н, профессор,

Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
olgapshikova@mail.ru

Суншева Бела Мухамедовна

к.б.н., доцент,

Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
belasunsh@mail.ru

Шугушева Лариса Хусеновна

к.с/х.н., доцент,

Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
shugusheva61@mail.ru

Аккизов Азамат Юсуфович

к.б.н., доцент,

Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
akkizov@mail.ru

Аннотация. Надежность живого организма, в том числе и растительного, проявляется в эффективности его защитных механизмов, в устойчивости к действию неблагоприятных факторов внешней среды: недостатка кислорода, воды, избытка солей, т.е. стрессоров на которые возникают реакции, направленные на защиту внутриклеточных структур и устранение неблагоприятных изменений в клетках. Цель работы — определение протекторного действия нейроноподобной импринтинг-технологии «Нейротон-1» на организм растения «*офиопогон ябуран*» при стрессорных факторах. Напряжение кислорода (P_{O_2}) регистрировалось с помощью полярографии. Стрессорами были физиологический раствор (0,6 н), затемнение (2 ч), орошение (3 р). В одной серии опытов напряжение кислорода регистрировалось в условиях нормы, воздействия засоления, затемнения и орошения, в другой — растение подвергалось действию сигналов информационно-интеллектуального континуума нейрона длительностью 10 минут ежедневно в течение 7 дней за пять метров до растения. При действии стрессорных факторов: повышение солевого состава среды возникает состояние гипероксии, при затемнении и избыточном орошении — состояние гипоксии. Информационно-импульсные сигналы нейроноподобной технологии надежно защищают кислородный режим ткани растения от повреждающего действия засоления, затемнения и избыточного орошения.

Ключевые слова: растение; стресс; активные формы кислорода (АФК); напряжение кислорода (P_{O_2}); импринтинг (энерго-информационный обмен); нейротон — «голос» нейрона; информационно-интеллектуальный континуум.

Введение

Общеизвестно, что кислород жизненно необходим, а наряду с этим — он виновник окислительного разрушения любого клеточного компонента. Двуликость кислорода полезность и ядовитость — определяет состояние любого организма, в том числе и растительного. Выжить — уйти от опасности — возможно при нормальном уровне кислородного снабжения, что соответствует напряжению кислорода (P_{O_2}) в межклеточном пространстве в целом равном 30 мм рт.ст. [11, 264 с.]. Отклонение уровня P_{O_2} от нормы на 10 мм рт.ст. в сторону возрастания снижает биоэлектрическую активность клеток на 50% [23, 196 с.], а уменьшение на эту же величину повышает уровень активных форм кислорода (АФК) на 30% [4, с. 24]. В результате происходят необратимые нарушения прямых функций кислорода клеток — управление процессами энергопродукции и энергопотребления на фоне разрушения структуры митохондрий [5, 186 с.]. Накопление в клетках растений АФК может быть результатом воздействия внешних факторов — стрессоров, таких как засоление, нарушение светового режима, водоснабжения и т.д. Поэтому поиски способов, усиливающих устойчивость растений, к широкому действию стрессоров имеет большую практическую ценность. В этой связи цель настоящей работы заключалась в определении протекторного действия нейроноподобной импритинг-технологии «Нейротон-1» на организм растения «офиопогон ябуран» при стрессорных факторах.

Материалы и методы

Опыты ставились на растительном организме «офиопогон ябуран». P_{O_2} регистрировалось в ткани корня растения с помощью ультрамикроструктурной дробно-дифференциальной полярографии, предложенной нами

ранее для изучения кислородного режима в клетке растения [22, с. 129–131]. Стрессогенными были физиологический раствор (0,6 н), затемнение (2 ч), орошение (3 р). Управление уровнем P_{O_2} осуществлялось с помощью нейроноподобной технологии «Нейротон-1» — физической модели частот электроакустических сигналов интеллектуально-информационного континуума нейрона, адаптированного к высокогорной гипоксии на Эльбрусе [24, 134 с.]. В одной серии опытов напряжение кислорода регистрировалось в условиях нормы, воздействия засоления, затемнения и орошения. В другой серии исследования до стрессогенных факторов растение подвергалось действию импульсно-управляющих сигналов нейротона (<10 Гц) длительностью десять минут ежедневно в течение семи дней. Импритинг — технология действовала дистанционно (неинвазивно) — за пять метров до растения. Результаты опытов анализировались методами биометрии.

Результаты и обсуждение

В условиях нормального питания в тканях корня растения «офиопогон ябуран» P_{O_2} в среднем равнялось $29,9 \pm 1,41$ мм рт.ст. (рис. 1). При изменении солевого состава в питательной среде (0,6 н физ. раствор) происходит резкое и достоверное возрастание P_{O_2} в ткани корня растения «офиопогон ябуран», достигающее в среднем $58,0 \pm 3,26$ мм рт.ст.

В условиях затемнения, наоборот, имело место значительное и достоверное снижение P_{O_2} в ткани корня исследуемого объекта в среднем до $13,4 \pm 1,37$ мм рт.ст. При сильном поливе почвы отмечалось также снижение P_{O_2} в ткани растения в целом на 7,9 мм рт.ст., а среднее значение напряжения кислорода в этом случае становилось равным $22,0 \pm 2,29$ мм рт.ст.

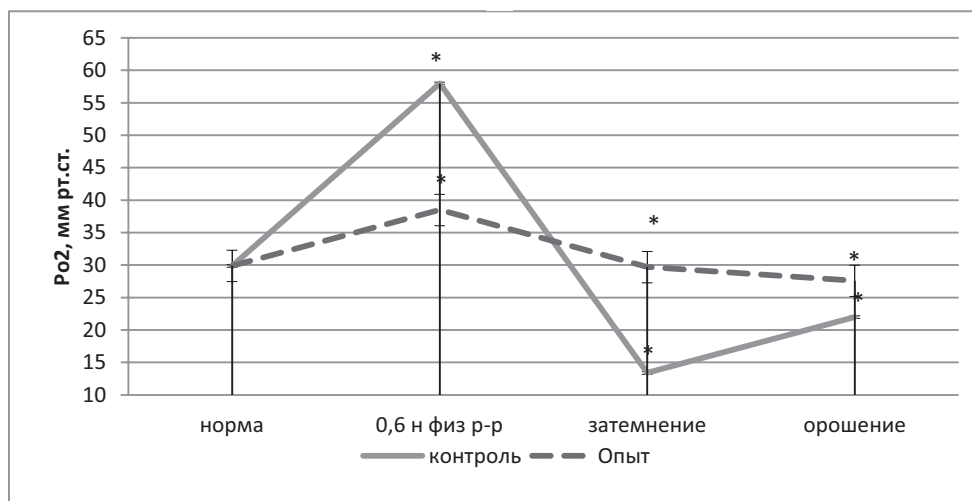


Рис. 1. Изменение уровня напряжения кислорода в корне растения при различных условиях среды (контроль) и действия нейроимпритинг-технологии (опыт)

Таким образом, в условиях нормального питания в ткани корня растения регистрируется оптимальное напряжение кислорода в количестве 29,9 мм рт.ст., что вполне достаточно для нормального функционирования растительного организма и его жизненно важных физиологических функций. Следует отметить, что митохондрии способны функционировать некоторое время в условиях *in vitro* при P_{O_2} равном 1,0–1,5 мм рт.ст. Однако засоление окружающей среды, как следует из наших опытов, сопровождается очень сильным возрастанием P_{O_2} , равным почти 30 мм рт.ст., что может вызвать опасную для тканей растения гипероксию, т.к. возрастание P_{O_2} в 1–1,5 раза выше нормы сопряжено с образованием супероксид-ионов кислорода (O_2°), способных разрушить плазматическую мембрану клетки.

Избыточное орошение (частые поливы) также могут способствовать нарушению кислородного режима тканей растения. Как следует из наших исследований даже при небольшом увеличении полива (2–3 раза в день) P_{O_2} в ткани корня растения снижалось в целом на 8 мм рт.ст., т.е. кислородный режим тканей при этом приближался к состоянию гипоксии.

Наибольшее изменение в динамике P_{O_2} ткани растения произошло при прекращении попадания дневного света в течение 12 часов. В этом случае происходило снижение P_{O_2} в целом на 17 мм рт.ст., т.е. при этом уровень кислорода приближался к критическому и создавалась угроза для нормального функционирования энергетического аппарата растительного организма.

Таким образом, как следует из эксперимента, напряжение кислорода может быть интегративным показателем состояния физиологических функций растительного организма, с помощью которого можно объективно оптимизировать различные режимы его питания, орошения и освещения.

Примененный в нашей работе полярографический метод на твердом микроэлектроде является достаточно надежным методом изучения физиологической роли кислорода и реального места в окислительном метаболизме клетки растения кислородного обмена.

После воздействия нейротона в условиях засоления напряжение кислорода равнялось в среднем $38,5 \pm 2,17$ мм рт.ст., т.е. произошло небольшое возрастание в целом на 8,6 мм рт.ст. Возрастание уровня P_{O_2} в тканях в пределах 8 мм рт.ст. повышает адаптационный потенциал организма и не может ему навредить [1, 264 с.; 13, 233 с.]. Следовательно, действие сигналов нейротона защищает организм от повреждающего влияния засоления на его кислородный статус.

Как показали исследования после воздействия сигналов нейротона напряжение кислорода в ткани

корня растения в условиях затемнения уменьшилось с $29,9 \pm 1,41$ до $29,7 \pm 1,23$ мм рт.ст., т.е. практически осталось без изменений.

Таким образом, информационно-импульсные сигналы нейроноподобной технологии «Нейротон-1» надежно защищают кислородный режим ткани растения от повреждающего действия затемнения.

Уровень P_{O_2} в ткани корня растения «офиопоган ябурган» после воздействия сигналов технологии нейротон в условиях орошения снизился до $27,6 \pm 1,24$ мм рт.ст., т.е. всего на 2,3 мм рт.ст.

Это не может повредить процессам транспорта кислорода в корневой системе растения, но защищает от вымывания кислорода под влиянием избыточного орошения.

Известно, что от гипоксии и гипероксии остро страдают, прежде всего, корни и семена растений на переувлажненных почвах [2, 88 с.], в том числе и в южных регионах. При натиске воды большая часть кислорода вытесняется из почвы, а оставшиеся его запасы используются микрофлорой почвы и корнями и в прикорневой зоне устанавливаются анаэробные условия.

Защита кислородного режима тканей живых организмов является важнейшей проблемой [10, с. 23–27; 17, с. 5–10; 19, с. 52–58]. В этом направлении науки большое практическое значение имеет создание природоподобных технологий управления надежностью кислородного режима в тканях организма человека, животных и растений. Созданные нами ранее нейроноподобные технологии, в том числе и «Нейротон-1», показали большую эффективность в лечении различных заболеваний и при высокогорных восхождениях [25, 147 с.].

Результаты настоящей работы также свидетельствуют о реальной возможности дистанционного управления уровнем P_{O_2} в тканях растений с помощью предложенной нейроноподобной технологии, что может сыграть большую роль в решении технологических аспектов развития сельского хозяйства, в частности растениеводства в условиях экстремальных факторов окружающей физико-химической среды, т.к. информация управляет потоками вещества и энергии в живых и неживых системах [26, 221 с.].

Так, клетка является универсальным комплексом, начальным и конечным этапом реализации всех биологических процессов. Уже накоплено достаточно фактов, свидетельствующих о том, что на основе дистантных межклеточных взаимодействий строится не только развитие многоклеточного организма, но и жизнедеятельность его как целого, имеющего от макромолекулы

до биоценоза три компонента управления (волновой, химическо-гуморальный и рефлекторный), которые находятся в тесном взаимодействии на основе квантово-волновых свойств нервных клеток, способных генерировать электрические, акустические и электромагнитные носители информации [24, 134 с.].

Наличие собственного когерентного поля организма не только дает принципиальную возможность рассматривать его (организм) как целостную макроскопическую квантово-механическую систему, но и сама синергетически сформировавшаяся пространственная структура (организм со всеми его внутренними и внешними особенностями) может быть описана в физических терминах квантовой механики, т. е. на языке собственных характеристических частот организма [15, с. 13–16]. Общеизвестно явление синхронизации, взаимного затягивания по частоте и фазе колебательных систем, генераторов электрических, акустических, механических [14, 343 с.] явлений. Связь между генераторами может быть сколь угодно слабой, но захват, синхронизация все равно осуществляется. Более эффективным двигателем, как отмечают авторы, будет, относительно низкочастотный компонент системы генераторов. Чем ниже частота конформационных колебаний, тем больше размер ансамбля, в котором возможна синхронизация. Одним из физиологических механизмов адаптации к гипоксии, или иному действующему на организм в прерывистом режиме фактору природы, является амплитудно-частотная синхронизация на клеточном энергоинформационном уровне и как следствие этого образуются ССД — синхронизированные сигналы действия [21, с. 145–153].

Значительный интерес для теории и практики представляет то обстоятельство, что ССД можно увидеть в виде мембранных (ПП, ПД, ИЭА) и дипольных электрических потенциалов (ЭЖОГ, ЭЭГ, СЭМ), услышать (шумы молекул, мембранных каналов, пульса, органов кровообращения), а также передавать их на расстояние с помощью аудиовизуальных и коммуникативных средств. Такое представление о ССД привело к мысли о возможности дистанционного и эффективного управления физиологическими функциями и адаптациями организма с помощью синхронизированных сигналов действия. Синхронизированные низкочастотные сигналы действия, модулированные факторами природы или климата, способны управлять физиологическими функциями организма, в том числе адаптацией, на качественно новом уровне: продолжительность жизни нейрона в бескислородной среде удлиняется с 10—11 до 50—55 с, смертность больных злокачественными опухолями головного мозга снижается с 60 до 14 %, время формирования состояния адаптации к импульсной гипоксии укорачивается в 6 раз [13, 233 с.], возрастает активность системы противокислородной защиты организма на 50–100 % [5, 186 с.].

Наряду с энергетическими взаимодействиями в этих изменениях существенную роль играют информационные взаимодействия на биоэффективных частотах. Биологические эффекты, обусловленные этими взаимодействиями, зависят уже не только от величины энергии, вносимой в ту или иную систему, а от вносимой в неё информации. Сигнал, несущий информацию, вызывает не только перераспределение энергии в самой системе, но и управляет происходящими в ней процессами. Информация может накапливаться в системе при повторении слабых сигналов [12, 287 с.], что и происходит в наших опытах — низкие частоты ИЭА являются носителями информации адаптационного феномена, сформированного сеансами импульсной гипоксии в мягких (слабых) условиях — от 550 до 3050 метров высоты или барофизиологической модели этих высот.

Взаимное соответствие между системой и окружающей средой свидетельствуют об информационном характере взаимодействия между ними. Ценностный аспект информации проявляется в том, что достижение цели после получения информации требует меньших затрат энергии, при этом вероятность достижения цели становится больше [7, 198 с.]. На клеточном уровне информация кодируется различными способами: как чисто электрическими, так и химическими [20, 107 с.].

Согласно последних достижений протеомики и биоинформатики очевидна роль так называемых слабых взаимодействий (в нашем случае низких частот) квантово-механической природы в процессах межклеточной и внутриклеточной передачи информации. Таким образом, установлен факт специфического способа передачи сигналов по мембранам нервных клеток, который реализован в живых организмах [27, с. 584–587], о чем говорят представленные результаты наших исследований.

Известно также, что в некоторых диапазонах длин волн живые клеточные системы реагируют на сигналы, интенсивности которых сравнимы с уровнями теплового фона и естественных флуктуаций. Многочисленные опыты показали, что существуют выделенные частоты, вызывающие резкие изменения в функционировании организмов. Такие частоты называли биоэффективными. Отклик на них может быть различным: как положительным (в смысле перехода организма в состояние более близкое к оптимальному), так и отрицательным. Существуют определенные «частотно-амплитудные окна», внутри которых есть детектируемая реакция биообъекта, а вне их — отсутствует. При этом, как отмечают авторы, наиболее информативной является частота воздействия, а амплитуда определяет лишь механизм реализации отклика организма [8, с. 169]. Биоэффективные частоты — не случайны, а являются резонансными по отношению к собственным частотам автоколебательных систем организма.

Рабочие ритмы функциональных систем организма человека имеют низкочастотный диапазон: 0,4–8,2 Гц. Так, ритм электрического потенциала желудка и кишечника — 3,8–4,6 Гц; ритм дыхания 6,3–7,6 Гц; ритм сердечных сокращений — около 3,2 Гц; ритм электрической активности нервно-мышечного элемента — 2,6–6,5 Гц. Ритмы управляющих сигналов нейронов головного мозга — 0,5–13 Гц. Большой интерес для понимания биофизических механизмов действия нейроинформационных импринтинг-технологий представляют частоты 6,3–7,6 Гц (ритм дыхания) и 0,5–13 Гц (ритм управляющих сигналов нейронов), т. к. их рабочие ритмы находятся в рамках этих частот.

Воздействием механических колебаний на организм часто пренебрегается. Экспериментов в этой области крайне мало. В большинстве случаев подразумевается, что последствия воздействия электромагнитных колебаний на биообъект принципиально отличаются от последствий воздействия механических колебаний тех же частот. Однако связанность систем организма, способность переводить (транслировать) одни сигналы в другие, дает ему возможность воспринимать колебательную информацию всех видов, оперативно реагируя и подстраиваясь под изменения среды обитания. Собственные резонансные частоты могут определять частоты максимального отклика организма, как при воздействии механических колебаний, так и электромагнитных.

В этой связи особо необходимо отметить, что все живое и неживое на Земле существует в условиях постоянного взаимодействия с электромагнитными и акустическими полями, в частности со светом и звуком. Распространяясь в среде, электромагнитные и акустические поля взаимно трансформируются или дополняют друг друга, представляя, таким образом, акустоэлектромагнитный континуум [16, 64 с.]. В пользу этого говорят также и современные данные [9, с. 179–185]. Авторы отмечают, что акустические и электромагнитные излучения, возможно, являются основными сигналами, обеспечивающими информационные связи внутри всего организма и за его пределами.

Значительной структурированностью относительно распределения данных по разным типам адапционных реакций обладает пространство признаков в частотном диапазоне 1–12,5 Гц. Частотный диапазон предложенных нейроимпринтинг-технологий находится в этих пределах.

С другой стороны, резкий отклик человеческого организма на частоты 0,02; 0,05–0,06; 0,1–0,3; 0,5–0,6; 5–6; 8–12 Гц до сих пор не получил удовлетворительного объяснения [18, с. 55–66]. Мы полагаем, что одним из механизмов этого может быть резонансный захват O_2 , АФК и CO_2 , т. к. их резонансные частоты судя по источникам в литературе, лежат в этих пределах.

Кровеносную, сердечно-сосудистую и нервную системы можно назвать основополагающими переносчиками информации для организма. Поэтому любой сбой ритмов их функционирования может отозваться во всем организме, и характерные резонансные частоты будут биоэффективными и для других систем. Например, ритмы нервной системы могут проследиваться при регистрации отклика иммунной системы, головного мозга, печени и др. органов на внешнее колебательное воздействие. Передача информации в сенсорных системах млекопитающих происходит с использованием частотного кода. Однако вопрос о роли частотного кодирования в центральных отделах нервной системы, по мнению ряда авторов, остается открытым. Наши исследования проливают свет на это обстоятельство — нейропротектор действует путем воспроизведения закодированных сеансами импульсной гипоксии частот нервных клеток.

Функциональное значение именно изменения частоты импульсной электрической активности нейронных популяций подчеркивается в огромном большинстве экспериментальных работ, а физиологическая функция пространственно-временной реорганизации значительно менее ясна, несмотря на активные работы в этом направлении. Она не расшифрована до конца ни как нейрофизиологический коррелят деятельности, ни как мозговой механизм, определяющий появление новых свойств у сообщества нейронов по сравнению с отдельным нейроном. Результаты наших исследований проливают свет на эту проблему — адаптационная реорганизация частоты ИЭА в условиях импульсной высокогорной и барокамерной гипоксии является признаком синхронизации нейронов в кластере ансамблей нервных клеток.

В любом случае фоновую электрическую активность нейронов можно рассматривать как результат двух обстоятельств — авторитмической генерации импульсов из-за колеблющегося уровня электрической поляризации мембраны и влияния АФК — активных форм кислорода в возбужденном биоэлектролите вокруг клетки. Низкочастотные электрические поля связаны, как правило, с электрохимическими мембранными потенциалами, отражающими функционирование различных систем биообъекта. На тех же частотах наблюдаются и магнитные поля, связанные с токами в проводящих тканях, сопровождающими физиологические процессы. При этом также должны наблюдаться сигналы биоломинесценции, обусловленной протекающими в организме биохимическими реакциями [6, с. 111–116]. Действительно, недавно японские ученые показали, что кора мозга крысы излучает световые фотоны в ритме, согласующейся с ритмами электроэнцефалограмм [3, с. 30–31]. Было отмечено, что мозг единственный орган, обладающий этим свойством. Естественно, что в первую очередь речь может идти только о нейронах.

Известно, что знание собственных частот данной системы или органа дает возможность определить математически биоэффективные для организма частоты внешней среды. Именно такой подход, но с использованием экспериментально определенных частот, которыми ИЭА нейрона управляет уровнем Po_2 , позволил нам создать технологию «Нейротон-1».

Таким образом, частота является носителем информации, а виды колебаний в организме могут трансформироваться друг в друга. Поэтому можно полагать, что резонансный отклик организма возможен на одних и тех же частотах при совершенно различных типах воздействия на него (электромагнитных, акустических, гравитационных и т.п.). Далее уже встает вопрос о предпочтительности того или иного воздействия и его эффективности, но реакция организма, безусловно, должна существовать.

Отклик биообъектов на колебания внешней среды должен появляться в ближней окрестности значений, ширина этой окрестности тем больше, чем больше амплитуда изменения параметра. В то же время ширина не может расти беспредельно (правило Ферхюльста), поскольку организм стремится погасить излишнюю амплитуду колебаний. По этой же причине не может беспредельно долго длиться и сам резонанс: он будет иметь место до тех пор, пока все задействованные системы совокупно не вернут организм в состояние оптимума функционирования. По сути, этот процесс и есть адаптация, а время, необходимое для перестройки организма — время адаптации. В нашем случае время формирования адаптации с помощью нейроимпринтинг-технологии составляет от 10 минут и до 7 сеансов.

В процессе эволюции живая система постоянно приспособивалась к ритмике внешней среды. И какие-то

особо устойчивые ритмы могли быть «записаны» в ней на уровне характерных частот протекания внутренних процессов. Поэтому длительность адаптации может определяться тем, насколько основательна частотная перестройка организма. Этим же может объясняться реакция живых организмов на магнитные бури и геопатогенные зоны Земли.

Итак, по результатам собственных исследований и данным литературы, деятельность клетки базируется на трех китах: квантовая механика (квантовая теория многоэлектронных систем В. Гейзенберг), импульсно-частотные сигналы и информация. Квантовая механика химических веществ в структурах клетки и окружающего биоэлектролита служит базой для импульсно-частотных параметров мембраны нейрона. Импульсно-частотные параметры являются носителями информации, управляющей потоками вещества и энергии в живых и неживых системах.

Заключение

1. Предложен полярографический режим регистрации напряжения кислорода в тканях растения Офиопогон ябуран и установлен оптимальный уровень напряжения кислорода в условиях нормального содержания.

2. При повышении солевого состава среды в тканях корня Офиопогон ябуран наступает состояние гипероксии, а в условиях затемнения и избыточного орошения наступает состояние гипоксии.

3. Информационно-импульсные сигналы нейроноподобной технологии надежно защищают кислородный режим ткани растения от повреждающего действия засоления, затемнения и избыточного орошения, что может иметь важное практическое значение для растениеводства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ван Лир Э., Стикней К. Гипоксия. — Москва, 1967. — 368 с.
2. Вартапетян Б.Б. Кислород и структурно-функциональная организация растительной клетки. — Москва, 1985. — 88 с.
3. Войсков В.Л. Возможный вклад протекающих в водных средах кислородзависимых и независимых сводобнорадикальных процессов в патогенные реакции на гипоксию // Материалы 3 Российской конференции «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция». — Москва. — 2002. — С. 30–31.
4. Гальчук С.В., Буравкова Л.Б., Туровецкий И.Б. Влияние нормобарической гипоксии на уровень активных форм кислорода в культуре эндотелиальных клеток человека // Материалы конференции «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция». — Москва, 2005. — С. 24.
5. Герасимов А.М., Деленя Н.В., Шаов М.Т. Формирование системы противокислородной защиты организма. — Москва, 1998. — 186 с.
6. Годик Э.Э., Гуляев Ю.В. Физические поля биологических объектов // «Кибернетика живого: Биология и информация». — Москва, 1984. — С. 111–116.
7. Гора Е.П. Информационные аспекты экологической физиологии // 20 съезд Физиологического общества им. И.П. Павлова. — 2007. — С. 198.
8. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессе жизнедеятельности. — Радио и связь. — №6. — 1991. — 169 с.
9. Загускин С.Л., Грабовщинер А.Я. Информационные сигналы в биологических системах и квантовая терапия // Материалы международной конференции «Новые медицинские технологии и квантовая терапия». — 2005. — С. 179–185.
10. Киёмов З. и соавт. Напряжение активных форм кислорода и перекиси водорода в разнотолерантных растениях картофеля // Известия академии наук республики Таджикистан № 2 (179). — 2012. — С. 52–58.
11. Коваленко Е.А., Черняков И.Н. Кислород тканей при экстремальных факторах полета. — Москва, 1972. — 264 с.

12. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. — Москва, 1968. — 287 с.
13. Пшикова О.В. Ускоренная адаптация к гипоксии и ее функциональные механизмы. — Ростов-на-Дону, 1999. — 233 с.
14. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическое моделирование в биофизике. — Москва, 2004. — 343 с.
15. Ситько С.П. Квантово-механическая основа многообразной дифференциальной устойчивости живого // Физика живого. — № 2. — 2005. — С. 13–16.
16. Станко В.И., Марков Г.П. Астрология и ЯМР, новое в жизни, науке, технике. — Москва, 1991. — 64 с.
17. Теплый Д.Л. Об участии свободных радикалов и антиоксидантов в молекулярно-клеточных механизмах старения // Материалы 2 международной конференции, Астрахань, 2011. — С. 5–10.
18. Хабарова О.В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов. — Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — № 5. — 2002. — С. 56–66.
19. Чеснокова Н.П. Современные представления о патогенезе гипоксии. — Современные наукоемкие технологии. — №5. — 2006. — С. 23–27.
20. Чораян О.Г. Информационные процессы в нервной системе. — Ростов-на-Дону, 1976. — 107 с.
21. Шаов М.Т., Пшикова О.В. Нейроинженерные технологии ускоренной адаптации организма человека к высокогорной гипоксии // Юг России: экология, развитие. — № 13 (1). — 2018. — С. 145–153. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-1-145-153>
22. Шаов М.Т. Динамика напряжения внутриклеточного кислорода при возбуждении клетки нителлы флексилис. — Биологические науки, 1968. — С. 129–131.
23. Шаов М.Т., Курданов Х.А., Пшикова О.В. Кислородзависимые электрофизиологические и энергоинформационные механизмы адаптации нервных клеток к гипоксии. — Воронеж, 2010. — 196 с.
24. Шаов М.Т., Пшикова О.В., Курданов Х.А. Нейроимпринтинг-технологии управления физиологическими функциями организма и здоровьем человека при гипоксии. — Воронеж, 2013. — 134 с.
25. Шаов М.Т., Пшикова О.В., Курданов Х.А. Управление физиологическими системами организма при высокогорной гипоксии с помощью информационного континуума нейрона. — Москва, 2020. — 147 с.
26. Юзвизин И.И. Информациология. — Москва, 1996. — 221 с.
27. Esker A.S. et al Decor related neuronal firing cortical microcircuits. — Science 5965. — 2010. — P. 584–587.

© Шаов Мухамед Талибович (shaov_mt@mail.ru); Пшикова Ольга Владимировна (olgapshikova@mail.ru);
Суншева Бела Мухамедовна (belasunsh@mail.ru); Шугушева Лариса Хусеновна (shugusheva61@mail.ru); Аккизов Азамат Юсуфович (akkizov@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМПОСТИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

NEW GENERATION COMPOSTABLE MATERIALS AND METHODS FOR ITS EVALUATION

A. Shestel
A. Gavretskaya
N. Molodkina
E. Nikolaev
I. Naumov

Summary: The world community is currently being concerned about the problem of plastic pollution. Switching to alternative biodegradable materials could be a key solution. The article considers the development of a methodology for obtaining compostable materials from SMR (secondary material resources). Among the components used is the natural polysaccharide chitosan, obtained from waste from the processing of crustaceans. Comparative characteristics of chitosan received from various SMR are given. In the course of the work, an installation was created to evaluate the degree of biodegradation of materials under aerobic composting conditions. The introduction of this equipment, which has no analogues on the Russian market, will make the assessment of biodegradability accessible to a wider range of people and can serve as a starting point for the introduction of certification.

Keywords: pollution, biodegradation, technique, installation, chitosan.

Шестель Анастасия Александровна

Университет ИТМО

shestel@mail.ru

Гаврецкая Анастасия Викторовна

Университет ИТМО

gavretskaya@yandex.ru

Молодкина Нелли Ринатовна

Кандидат технических наук, доцент,

Университет ИТМО

molodkinanelli@gmail.com

Николаев Евгений Михайлович

Аспирант, Университет ИТМО

nikolaev_evgeniy_97@mail.ru

Наумов Игорь Александрович

Инженер, Университет ИТМО

Prof.Naumov@mail.ru

Аннотация. Проблема пластикового загрязнения к настоящему моменту рассматривается всем мировым сообществом. Ключевым решением может стать переход на альтернативные биоразлагаемые материалы. В статье рассмотрена разработка методики получения компостируемых материалов из ВМР (вторичных материальных ресурсов). Среди используемых компонентов природный полисахарид хитозан, полученный из отходов от переработки ракообразных. Приведены сравнительные характеристики хитозана, выделенного из различных ВМР. В ходе работы была создана установка для проведения оценки степени биodeградации материалов в условиях аэробного компостирования. Внедрение данного оборудования, не имеющего аналогов на российском рынке, позволит сделать оценку биodeградируемости доступной для более широкого круга лиц и может послужить отправной точкой к введению сертификации.

Ключевые слова: загрязнение, биodeградация, методика, установка, хитозан.

В начале 2022 года в Найроби была одобрена резолюция, которая должна стать отправной точкой на пути борьбы с пластиком в глобальном масштабе. Данное решение было принято на 5 сессии Ассамблеи ООН по окружающей среде, где 175 представителей поддержали соглашение. Итогом резолюции должен стать документ, который ограничит бесконтрольное производство пластика и будет способствовать снижению пластикового загрязнения. Предполагается, что данный документ охватит весь жизненный цикл пластика. В данной резолюции подчеркивается необходимость создания устойчивых альтернатив и экологичного проектирования материалов, чтобы они могли повторно использоваться, восстанавливаться или утилизироваться.

Альтернативными материалами, которые могут быть утилизированы без образования отходов, являются биоразлагаемые пластики. Данный подход особенно актуа-

лен для индустрии упаковки, поскольку их эксплуатация в данной отрасли позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Одним из главных определяющих показателей для повсеместного производства и использования биоразлагаемых материалов является их стоимость, определяющая экономическую эффективность замены традиционных пластиков.

Экономические предпосылки развития упаковочной отрасли в Российской Федерации, интерес и готовность со стороны бизнеса к переходу на альтернативные пластики, внедрение отдельного сбора на разных уровнях, а также изучение принципов переработки органических отходов обуславливают повышенный интерес к разработке новых биоразлагаемых, в частности, компостируемых материалов.

Основным преимуществом использования компостируемой упаковки для пищевых продуктов является

его возможность утилизации вместе с пищевыми отходами в процессе аэробного промышленного компостирования, в результате чего получают органическое удобрение с содержанием большого процента органического углерода и доступной формы азота [1]. В процессе промышленного компостирования с использованием интенсивных технологий исключается негативное воздействие на окружающую среду, так как отсутствуют токсичные вещества в составе поступающих на компостирование отходов.

Применение вторичных материальных ресурсов (ВМР) для производства компостируемых пластиков не только наносит меньший вред окружающей среде, но и является экономически оправданным, что подтверждается созданием биржи ВМР. Среди ВМР чаще всего сейчас используют солому, щепу, опилки и шелуху продуктов растениеводства, данные вторичные ресурсы могут являться сырьем для производства компостируемых материалов. Также большой объем образования данных видов ВМР и их низкая стоимость делают их перспективным сырьем. Примером ВМР с высоким потенциалом применения являются отходы от разделки ракообразных, которые являются источником ценного компонента — хитина. Хитозан, который является производным хитина, обладает высокими бактерицидными свойствами, биосовместимостью, что делает его перспективным сырьем для производства компостируемых материалов, которые могут контактировать с пищевыми продуктами. Применение данных материалов позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду. Стоит отметить, что в процессе утилизации будет образовываться компост высокого качества, который в последующем может быть применен в агрономических целях.

При разработке материала принципиально важно иметь возможность определять способность к биодеградации в условиях аэробного компостирования. При этом данную оценку необходимо проводить на этапе подбора сырья и проверки полученных образцов, что привело к необходимости изучения существующих методик и оборудования.

В мировой практике существует ряд методик, позволяющих проводить оценку биоразлагаемости материала, в том числе в условиях компостирования. Они приведены в ISO 14855-1, ISO 14855-2, ISO 16929, ISO 20200 и OECD 310, OECD 311. При этом на основе данных стандартов осуществляют сертификацию, подтверждающую отношение пластика к конкретному классу. Данные стандарты являются базой для ряда ГОСТов в РФ: ГОСТ Р 57224-2016, ГОСТ Р 57219-2016, ГОСТ Р 57226-2016, ГОСТ Р 57225-2016, ГОСТ 32433-2013 и ГОСТ 32475-2013 [2-7]. Они были рассмотрены с целью создания установки позволяющей проводить исследование и оценку биодеградации материала в условиях компостирования.

ГОСТ 32433-2013 представляет собой аналог метода Штурма. Именно по этому стандарту работают всего две лаборатории в РФ, что значительно ограничивает возможность проведения оценки. Методика базируется на изучении кинетики выделения CO_2 из системы, содержащей погруженный в суспензию микроорганизмов-деструкторов образец испытываемого материала. В качестве поглотителя CO_2 используют $\text{Ba}(\text{OH})_2$ или NaOH . Процесс проведения оценки включает в себя помещение исследуемого материала в буферную минеральную среду, инокулированную смешанной средой микроорганизмов. При этом исследуемый образец должен являться единственным источником углерода. Одновременно проводят такое же исследование только с минеральной средой, без образца. В процессе исследования измеряют количество диоксида углерода, выделившееся при полном аэробном биоразложении образца материала. При этом из количества CO_2 , полученного в тестовом сосуде, вычитают количество CO_2 , выделившееся в сосуде с минеральной средой. По полученным данным определяют степень биоразложения. К недостаткам данной методики можно отнести низкую воспроизводимость, невозможность оценки воздействия на материал сложных ассоциаций микроорганизмов и биологических сред. Однако преимуществом рассматриваемого метода является его оперативность (около 28 суток).

При подробном изучении методик были выявлены особенности, не позволяющие применять их для полноценной экспертной оценки. Например, ГОСТ Р 57226-2016 и ГОСТ Р 57225-2016 позволяют определить степень разложения, но не позволяют оценить протекают ли процессы под воздействием микроорганизмов или разложение протекает под воздействием физических факторов окружающей среды. Для исследования, проводимого по ГОСТ Р 57224-2016, применяют дорогостоящее и сложное в эксплуатации оборудование, при этом длительность проведения процесса является значительной.

На основании проведенного анализа выбран наиболее подходящий метод лабораторного определения степени биодеградации. Методика в соответствии с ГОСТ 57219-2016 является наиболее информативной с точки зрения получения данных о компостируемости материалов, а также оптимальной по временным рамкам проведения исследования. Этот стандарт предлагает способ инструментального анализа, при этом готовых решений на рынке нет, в связи с чем было принято решение о создании установки на основе описанной схемы. Методика, описанная в данном стандарте, основывается на гравиметрическом методе анализа, проведение которого не требует дорогостоящего и сложного оборудования. Также гравиметрический анализ характеризуется простотой и высокой точностью.

Разработанная лабораторная установка не имеет аналогов на территории РФ, однако на мировом рынке есть аналог японского производства — MODA-9, MODA-6, MODA-4, соответствующий ISO 14855-2. Таким образом, создание данной установки позволяет обеспечить импортозамещение. Выход данной установки на российский рынок позволит сделать проведение анализа доступным для широкого круга производителей, что будет способствовать внедрению сертификации. Данный фактор приведет к повышению доверия покупателей к потребляемой продукции и повысит на нее спрос, что положительно скажется на экономической стороне вопроса.

Для разработки альтернативного композитного материала использовались такие ВМР как рисовая шелуха и отходы от разделки ракообразных. Рисовая шелуха представляет собой отход, образующийся при переработке риса, содержание кремния составляет 20–25 %. Шелуху измельчали для получения размера частиц 2–2,5 мм в количестве не менее 80% от общей массы. Отходы от разделки ракообразных были представлены панцирем головогруды дальневосточного краба (*Paralithodes camtschaticus*) и северной креветки (*Pandalus borealis*), исходное сырье измельчали до частиц размером 1,5–2 мм.

С целью получения компостируемых материалов, которые могут контактировать с пищевыми продуктами, подготавливали 2 компонента — формовочный раствор и базовую подложку.

Для получения базовой подложки была взята методика авторов Maheswari, С. и др. с внесенными модификациями [8]. Базовая подложка представляет собой компостируемый композит, получаемый в процессе полимеризации крахмала с включением в качестве наполнителя измельченной рисовой шелухи. Для ее получения массу из просеянной рисовой шелухи, воды и картофельного крахмала в соотношении 20:60:20 масс.% полимеризовали при температуре 102–105° в СВЧ-печи. Для создания однородной подложки полученную смесь перемешивали и придавали ей форму тарелки.

Применение хитозана рассматривали в качестве компонента пленочного покрытия, обеспечивающего барьерные свойства продукции. С этой целью проводили получение хитозана из отходов ракообразных.

Для получения хитина и хитозана за основу была взята методика, описанная в работе Zainol Abidin NA и Kormin F [9]. Модифицированная методика представляет собой следующую последовательность действий. Параметры проведения процессов для получения полисахаридов представлены в таблице 1. Навеску измельченного дальневосточного краба/северной креветки

помещали в раствор NaOH. Все расчеты производили на массу сухого вещества. Затем смесь помещали в колбонагреватель, процесс продолжали при нагреве и постоянном перемешивании. Полученную смесь отфильтровали, осадок промывали (pH=7–8). Затем с полученным осадком данную стадию повторили еще раз, при этом время обработки изменяли. Полученную смесь отфильтровывали, осадок промывали до pH=7–8. После стадии депротенирования (ДП) проводилась стадия деминерализации (ДМ). Для ее проведения, полученный образец помещали в раствор H₂SO₄. Процесс проводили при постоянном перемешивании и нагреве. Полученный хитин отфильтровывали и промывали до реакции среды pH=6–7. Для придания образцу товарного вида проводили отбелку. Для этого хитин помещали в раствор H₂O₂. Данная стадия проводится при постоянном перемешивании, нагреве. Затем для получения хитозана, проводят реакцию деацетилирования (ДА) хитина путем обработки его концентрированным раствором NaOH. Полученный хитозан промывают до реакции среды pH=7. Данный хитозан использовали для получения покрытий на его основе.

Таблица 1.

Параметры проведения процессов

Стадии получения	t, °C	Время, ч	Сырье: жидкость	Концентрация реагентов
Исходное сырье — краб дальневосточный				
ДП1	80±5	2	1:10	2 % NaOH
ДМ	50±5	0,7	1:10	5 % H ₂ SO ₄
Отбеливание	80±5	1	1:10	5 % H ₂ O ₂
ДА	120	1,5	1:10	40 % NaOH
Исходное сырье — креветка северная				
ДП1	60±5	1,5	1:5	2 % NaOH
ДП2	60±5	1	1:5	2 % NaOH
ДМ	40±5	2	1:5	3 % H ₂ SO ₄
Отбеливание	70±5	1	1:10	5 % H ₂ O ₂
ДА	120	2	1:10	50 % NaOH

Источник: Составлено авторами

Полученные образцы исследовали на зольность (А) и степень деацетилирования (СД), а также определяли выход продукта. Определение зольности проводили в соответствии с методикой ГОСТ 7636-85 [10]. Определение СД проводили в соответствии с методикой потенциометрического титрования, описанной Кучиной Ю.А. [11]. Выход продукта определяли как отношение массы сухого полученного хитозана к массе исходного сухого сырья. Результаты исследований характеристик полученных образцов хитозана приведены в таблице 2.

На основании проведенных исследований образцов хитозана из разных сырьевых источников можно сде-

лать вывод о целесообразности использования отходов от очистки креветок в качестве ВМР. Как продемонстрировали результаты исследований, характеристики хитозана, полученного из креветки, не уступают показателям хитозана из краба, представляющего собой традиционное сырье. Так зольность хитозана из креветки ниже на 7 %, чем из краба, что является положительным фактором. Не менее важен показатель СД хитозана, позволяющий оценить глубину протекания реакции. Так данный показатель хитозана на основе креветки превышает значение крабового хитозана почти на 10 %. Несмотря на распространенное использование отходов от разделки дальневосточного краба в качестве сырья для производства хитозана, так же есть возможность применения отходов от очистки северной креветки в качестве сырьевой базы, поскольку данный отход является распространенным и имеет меньшую стоимость.

Таблица 2.

Параметры полученного хитозана

Исходное сырье	А, %	СД, %	Выход, %
Краб дальневосточный	31,40	65,83	19,51
Северная креветка	24,34	75,24	12,52

Источник: Составлено авторами

С целью получения формовочного раствора была взята методика авторов Gao L и др. с внесенными изменениями [12]. Формовочный раствор включает в себя полимеризованный крахмал, раствор хитозана в органической кислоте с добавлением пластификатора. При получении формовочного раствора навеску картофельного крахмала добавляют в раствор хитозана в 1 % уксусной кислоте с добавлением глицерина, после чего проводят гидролиз крахмала в СВЧ-печи при температуре 102–105°C. Состав получаемого раствора варьировался (таблица 3). Затем на сформированную базовую подложку наносили формовочный раствор и высушивали его при температуре 125°C в течение 5–7 минут.

Таблица 3.

Состав формовочного раствора

№ образца	Концентрация раствора хитозана, %	Масса крахмала, г	Масса глицерина, г
Образец 1	1	1,0	0,097
Образец 2	1	1,5	0,097
Образец 3	3	1,5	0,097

Источник: Составлено авторами

Изучалось влияние крахмала на свойства получаемых образцов, путем изменения массы его добавки. Добавление крахмала в большом количестве приводит к сгущению формовочного раствора, ухудшению реологических свойств и делает невозможным его нанесе-

ние тонким равномерным слоем на базовую подложку. Также исследовали изменение свойств в зависимости от содержания хитозана. Опыт показал, что увеличение хитозана приводит к упрочнению материала. Однако высокое содержание хитозана вызывает неоднородность формовочного раствора. Все это говорит о необходимости дополнительных исследований для определения оптимального состава покрытия на основе хитозана, обеспечивающего барьерные функции.

Как уже было сказано, на российском рынке отсутствуют готовые инструментальные решения для оценки степени биоразлагаемости материалов, поэтому с целью определения компостируемости материалов была создана лабораторная установка на основе методики в соответствии с ГОСТ Р 57219-2016. Методика включает в себя смешение исследуемого материала с инокулянт и выдерживание его при заданных условиях компостирования. Необходимо проведение параллельного исследования только с инокулянт, без исследуемого образца, и инокулянта с контрольным образцом. Фиксация количества выделившегося диоксида углерода осуществляется путем взвешивания емкости с сорбентом. Степень биоразложения материала вычисляется в зависимости от количества выделившегося диоксида углерода. Схема установки, предлагаемая в ГОСТ, включает в себя ряд ловушек. Ловушка диоксида углерода заполняется натровой известью и служит для очистки воздуха, поступающего в емкости с образцами, от диоксида углерода. Затем воздух поступает в увлажнитель, заполненный водой. После располагается емкость для компостирования, в которой располагают инокулянт и исследуемый или контрольный образец. Увлажнитель и емкость с компостом следует располагать в термостате, при поддержании постоянной температуры $58 \pm 2^\circ\text{C}$. Отходящий воздух попадает в ловушку аммиака, заполненную 1М раствором серной кислоты. Следом устанавливаются осушители с силикагелем-индикатором и силикагелем и хлоридом кальция. Емкость, применяемую для улавливания диоксида углерода, образующегося при компостировании образца, заполняют натровой известью и содой-тальком. Последнюю емкость, используемую для поглощения воды, наполняют хлоридом кальция. Подача воздуха должна осуществляться с постоянной скоростью в диапазоне от 10 до 30 мл/мин.

Для создания лабораторной установки была спроектирована и изготовлена основа с полками, на которых располагают термостаты и держатели под емкости. Были выбраны емкости из боросиликатного стекла. Для подачи воздуха создан насос оригинальной конструкции. Перемещение воздушного потока между емкостями осуществляется по силиконовым шлангам, обеспечивающим герметичность системы необходимую при проведении процесса.

Установка по оценке биоразложения материалов создана с учетом соблюдения необходимых параметров процессов по оценке биodeградации, а именно температуры, влажности, скорости подачи воздуха. Создание инструментального метода позволит интенсифицировать процесс оценки биodeградации материалов в условиях аэробного компостирования.

В ходе работы были получены образцы материала на основе ВМР, удовлетворяющие внешним параметрам, однако не соответствующие всем потребительским требованиям. В связи с этим необходимо рассмотреть модификацию состава компостируемого материала.

Изученная фракция рисовой шелухи, при включении ее в полимерную матрицу крахмала, позволяет получить

материал, соответствующий требованиям по хрупкости, твердости и однородности. Хитозановое покрытие показало невысокую устойчивость к горячим жидкостям, что препятствует универсальному применению его для материалов, контактирующих с пищевой продукцией. Тем не менее, данное покрытие может найти применение при изготовлении емкостей, контактирующих только с сухими продуктами или же применяться в качестве защитного покрытия в пищевой промышленности.

Созданная лабораторная установка имеет перспективу масштабирования, коммерциализации и дальнейшего использования в качестве уникального способа оценки биodeградации при проведении сертификации компостируемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gioia, C., Giacobazzi, G., Vannini, M., Totaro, G., Sisti, L., Colonna, M., Marchese, P., & Celli, A. End of Life of Biodegradable Plastics: Composting versus Re/Upcycling // *ChemSusChem*. — 2021. — №14(19). — С. 4167–4175.
2. ГОСТ Р 57224-2016 Пластмассы. Определение способности к полному аэробному биологическому разложению и распаду в контролируемых условиях компостирования. Метод с применением анализа выделяемого диоксида углерода. Часть 1. Общий метод. — М.: Стандартинформ, 2016. — 20 с.
3. ГОСТ Р 57219-2016 Пластмассы. Определение способности к полному аэробному биологическому разложению и распаду в контролируемых условиях компостирования. Метод с применением анализа выделяемого диоксида углерода. Часть 2. Гравиметрический метод анализа диоксида углерода, выделяемого при лабораторном испытании. — М.: Стандартинформ, 2016. — 15 с.
4. ГОСТ Р 57226-2016 Пластмассы. Определение степени разложения в установленных условиях компостирования в процессе пробных испытаний. — М.: Стандартинформ, 2016. — 8 с.
5. ГОСТ Р 57225-2016 Пластмассы. Определение степени разложения пластмасс в имитированных условиях компостирования при лабораторных испытаниях. — М.: Стандартинформ, 2016. — 8 с.
6. ГОСТ 32433-2013 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Оценка биоразлагаемости органических соединений методом определения диоксида углерода в закрытом сосуде. — М.: Стандартинформ, 2019. — 16 с.
7. ГОСТ 32475-2013 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Оценка биоразлагаемости методом органических соединений в сброженном осадке сточных вод в анаэробных условиях. — М.: Стандартинформ, 2019. — 18 с.
8. Maheswari, C., Ramya, A.S., Priya, B.M., Sudhakar, S., Prabhu Raj, B., Lokesh, B., & Ramani, G. Analysis and optimization on the biodegradable plate making process parameters using RSM-based Box–Behnken Design method. // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. — 2021. — №23(6). — С. 2255–2265.
9. Zainol Abidin, N.A., Kormin, F., Zainol Abidin, N.A., Mohamed Anuar, N.A.F., & Abu Bakar, M.F. The Potential of Insects as Alternative Sources of Chitin: An Overview on the Chemical Method of Extraction from Various Sources. // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2020. — №21(14). — С. 4978.
10. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. — М.: Стандартинформ, 2010. — 126 с.
11. Кучина Ю.А., Долгопятова Н.В., Новиков В.Ю., Сагайдачный В.А., Морозов Н.Н. Инструментальные методы определения степени деацетилирования хитина // *Вестник МГТУ*. — 2012. — №1. — С. 107–113.
12. Gao, L., Zhu, T., He, F., Ou, Z., Xu, J., & Ren, L. Preparation and Characterization of Functional Films Based on Chitosan and Corn Starch Incorporated Tea Polyphenols. // *Coatings*. — 2021. — №11(7). — С. 817.

© Шестель Анастасия Александровна (shestel@mail.ru); Гаврецкая Анастасия Викторовна (gavretskaya@yandex.ru); Молодкина Нелли Ринатовна (molodkinanelli@gmail.com); Николаев Евгений Михайлович (nikolaev_evgeniy_97@mail.ru); Наумов Игорь Александрович (Prof.Naumov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ УЗЛОВ

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF A WIRELESS SENSOR NETWORK BASED ON ADAPTIVE PLANNING OF THE NODE OPERATION TIME

A. Al-Obaidi
H. Al-Maawi
M. Al Janzeer
A. Zalivin

Summary. This article proposes an approach to scheduling the operation of wireless sensor network nodes based on the concept of learning automata. Each sensor node of a wireless sensor network is equipped with a learning automaton so that it can autonomously select its current state, i.e. either «active» or «sleeping», in order to interact with all controlled objects with the lowest energy costs. To confirm the proposals of the author, experimental studies were carried out. As part of the research, the influence of the training parameter on the quality of the final solution and on the rate of convergence was studied.

Keywords: sensor networks, self-organizing networks, learning machine, machine learning, energy efficiency.

Аль-Обайди Амир Мохаммед Жасим

Аспирант, Белгородский государственный
национальный исследовательский университет
1229004@bsu.edu.ru

Аль-Маави Хайдер Муайад Ахмед

Аспирант, Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова

haider.moayd.7@gmail.com

Аль-Жанзир Муниф Зуалфекар

Аспирант, Белгородский государственный
национальный исследовательский университет
1689419@bsu.edu.ru

Заливин Александр Николаевич

Кандидат технических наук, доцент,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
zalivin@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье предлагается подход к планированию работы узлов беспроводной сенсорной сети, основанный на концепции обучающихся автоматов. Каждый сенсорный узел беспроводной сенсорной сети оснащается обучающимся автоматом, так что он может автономно выбирать свое текущее состояние, т.е. либо «активное», либо «спящее», с целью взаимодействия со всеми контролируемыми объектами с наименьшими затратами электроэнергии. Для подтверждения предложений автора были проведены экспериментальные исследования. В рамках исследований изучалось влияние параметра обучения на качество конечного решения и на скорость сходимости.

Ключевые слова: сенсорные сети, самоорганизующиеся сети, обучающийся автомат, машинное обучение, энергоэффективность.

Введение

Беспроводные сенсорные сети (БСС) состоят из большого количества идентичных, независимых датчиков, которые могут быть расположены как случайным, так и детерминированным образом для того, чтобы обеспечить эффективный мониторинг заданной области.

Основными компонентами БСС являются сенсорные узлы. Обычно, сенсорные узлы представляют собой небольшие устройства с низким энергопотреблением, которые способны обеспечивать взаимодействие на небольшом расстоянии. Среди основных функций этих датчиков можно выделить сбор информации, обработка информации и коммуникация. БСС находят применение практически в любой области. В частности, можно

упоминать мониторинг в сфере здравоохранения, мониторинг транспортной инфраструктуры, мониторинг окружающей среды и так далее. Эффективное управление энергопотреблением является одним из ключевых факторов для увеличения срока службы БСС. Батареи, используемые в сенсорной сети, относительно малы по размеру и, следовательно, обладают малой емкостью.

Для обеспечения непрерывной работы в сети, эти батареи нуждаются либо в замене, либо в частой подзарядке. Однако, во многих реальных ситуациях, такие действия является не возможными, поскольку датчики могут быть установлены в труднодоступных местах.

Большая часть исследовательских работ в области БСС, так или иначе посвящена проблеме неэффективного потребления энергии [1–3]. В частности, для эф-

фективного использования энергии, были проведены исследования по энергоэффективному агрегированию и передачи данных, управлению мощностью передатчика и планированию активности узлов, маршрутизации в БСС.

Выбор энергоэффективных методов и алгоритмов сбора и передачи информации между является одной из основных актуальных научных проблем при проектировании БСС.

Постановка задачи

Существует большое количество исследований, связанных с проектированием энергоэффективных БСС. Для планирования активности сенсорных узлов было предложено множество алгоритмов планирования. Одним из методов планирования активности сенсорных узлов для создания энергоэффективной БСС является подход на основе обучающихся автоматов (ОА) [4,5]. Этот механизм позволяет сенсорному узлу узнавать свое состояние и выбирать соответствующее ему состояние, т.е. либо активный, либо спящий режим, с целью продления срока службы БСС.

Предлагается применить подход на основе обучающихся автоматов для каждого из сенсорных узлов, чтобы определить одно из двух его состояний: «активное», либо «спящее». Поэтому было предложено использовать концепцию непрерывного обучения [1,6,7] для определения действий команды ОА, соответствующих наилучшему решению.

Подход для адаптивного планирования

В данной работе предлагается использовать подход на основе обучающихся автоматов для планирования активности сенсорных узлов. Данный подход позволяет найти минимальный набор активных сенсорных узлов, которые отслеживают максимальное количество контролируемых объектов (КО) в любой момент времени.

Данный подход является итерационным. При этом в качестве исходных данных на каждом сенсорном узле задается вероятность выбора ОА начального состояния узла, «активное», либо «сон» со значением 0,5. От куда следует, что оба состояния равновероятны.

Все сенсорные узлы имеют фиксированную дальность действия R . Количество контролируемых объектов задается значением M , а количество сенсорных узлов значением N . При этом $1 \leq j \leq M, 1 \leq i \leq N$.

На этапе обучения сенсорный узел выбирается случайным образом. Используя ОА, каждый сенсорный узел выбирает свое состояние. Затем он передает пакет сообще-

ния, включая всю необходимую информацию, остальным сенсорным узлам.

Вектор вероятности состояния автомата в узле i в момент времени t равен

$$P_i(t) = [p_{(i,1)}(t), p_{(i,2)}(t)] \tag{1}$$

Функция обратной связи — это двоичная функция, которая выдает вознаграждение всякий раз, когда зона покрытия сети улучшается. Проще говоря, если совокупное состояние сенсорных узлов, выбранных командой из N обучающихся автоматов, приводит к улучшению зоны покрытия сети, тогда увеличивается вероятность состояний ОА, которые сформировали такое решение [6].

Пусть $J = \{j_1(t), j_2(t), \dots, j_N(t)\}$ обозначает действие команды ОА. При этом $J^* = \{j_1^*(t), j_2^*(t), \dots, j_N^*(t)\}$ — лучшее совокупное действие команды ОА на данный момент, которое обеспечивает наибольшее покрытие. Таким образом, основная идея заключается в использовании обучения с подкреплением, то есть наградить ОА, совокупное действие которых обеспечивает получение максимально возможного результата на данный момент, т.е. до момента времени t .

Обновление ОА в узле i задается соотношением:

$$p_{(i,j)}(t + 1) = (1 - \lambda)\delta_{(i,j)} + \lambda p_{(i,j)}(t) \tag{2}$$

где

$$\delta_{(i,j)} = \begin{cases} 1 & \text{если } j = j_i^*(t) \\ 0 & \text{в других случаях} \end{cases} \tag{3}$$

λ — является параметром обучения и не зависит от времени.

Если $j \neq j_i^*(t)$, то $p_{(i,j)}(t + 1)$ уменьшается путем умножения на $\lambda, \lambda < 1$.

$$p_{(i,j)}(t + 1) = \lambda p_{(i,j)}(t) \tag{4}$$

Если $j = j_i^*(t)$, тогда $p_{(i,j)}(t + 1)$ увеличивается на

$$p_{(i,j)}(t + 1) - p_{(i,j)}(t) = [(1 - \lambda) + \lambda p_{(i,j)}(t)] - p_{(i,j)}(t) \tag{5}$$

$$p_{(i,j)}(t + 1) - p_{(i,j)}(t) = (1 - \lambda) + p_{(i,j)}(t)(\lambda - 1) \tag{6}$$

$$p_{(i,j)}(t + 1) - p_{(i,j)}(t) = (1 - \lambda)(1 - p_{(i,j)}(t)) \geq 0 \tag{7}$$

Экспериментальные исследования

Исследования проводились с использованием разработанной модели БСС. Входными параметрами мо-

дели являются: N — количество сенсорных узлов, M — количество контролируемых объектов, (X,Y) — размеры области для размещения сенсорных узлов и контролируемых объектов, R — дальности действия сенсорного узла.

Основная проведения экспериментальных исследований — это изучить влияние параметра обучения λ на качество конечного решения и на скорость сходимости. При этом количество сенсорных узлов изменяется в пределах от 40 до 80, количество контролируемых объектов равно 30. Для каждого сенсорного узла дальности действия $R= 400$ метров. Эксперимент проводится путем изменения значений параметра обучения: $\lambda= 0,9$, $\lambda=0,99$, $\lambda=0,999$ и $\lambda=0,9999$. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты, экспериментальных исследований

Количество сенсорных узлов	$\lambda= 0,9$	$\lambda= 0,99$	$\lambda= 0,999$	$\lambda= 0,9999$
	Среднее количество активных сенсоров	Среднее количество активных сенсоров	Среднее количество активных сенсоров	Среднее количество активных сенсоров
40	10,741	2,922	2,523	1,955
50	13,260	4,341	2,366	2,103
60	17,332	5,285	1,975	2,197
70	21,222	7,190	2,213	2,306
80	24,646	8,252	3,000	1,584

Из таблицы 1 видно, что среднее количество активных сенсорных узлов уменьшается по мере увеличения

значения параметра обучения λ . Другими словами, качество получаемого решения улучшается по мере увеличения параметра обучения. Однако это происходит за счет скорости сходимости, измеряемой в терминах количества итераций. Фактически, по мере увеличения параметра обучения можно наблюдать, что необходимое количество итераций для достижения сходимости также увеличивается. Результаты этого эксперимента показаны на рис. 1, на котором показана гистограмма, отображающая разное количество узлов датчиков при различных параметрах обучения.

Диаграмма представленная на рис. 1 показывает, что, если количество сенсорных узлов в заданной области увеличивается, то сложность задачи также возрастает, и поэтому для достижения оптимального результата требуется большее значение параметра обучения.

Выводы

Данная статья была посвящена решению проблемы планирования работы сенсорных узлов в БСС. Сенсорные узлы могут автономно выбирать свое состояние как «активное» или «спящее» используя подход основе обучающихся автоматов.

Для оценки производительности разработанного подхода были проведены экспериментальные исследования. Предложенный подход предоставил методологию для нахождения минимального количества активных сенсорных узлов для взаимодействия со всеми контролируруемыми объектами и, таким образом, решил проблему энергоэффективности БСС.

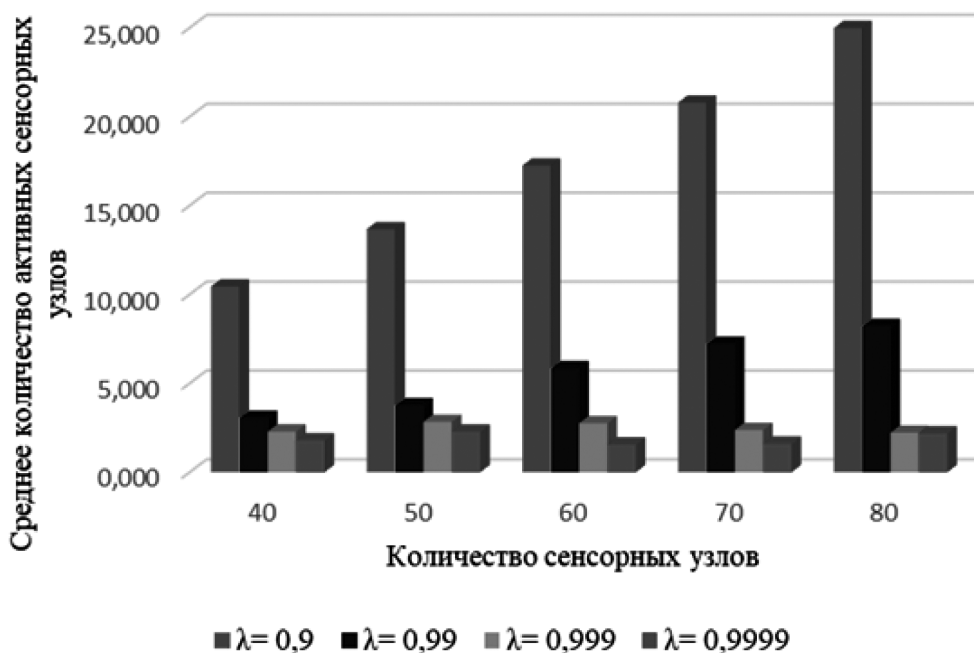


Рис. 1. Результат моделирования БСС

ЛИТЕРАТУРА

1. Butun I., Morgera S. D. and Sankar R.A. Survey of Intrusion Detection Systems in Wireless Sensor Networks // IEEE communications surveys & tutorials — 2013, P. 266–282.
2. Rassam M. A., Maarof M. A. and Zainal A. An Efficient Distributed Anomaly Detection Model for Wireless Sensor Networks // Knowledge-Based Systems — 2014, 60 P. 44–57.
3. Cardei, M., Du, D.Z.: Improving wireless sensor network lifetime through power aware organization. Wireless networks 11(3) — 2005, P. 333–340.
4. Mostafaei, H., Meybodi, M.R.: Maximizing lifetime of target coverage in wireless sensor networks using learning automata. Wireless Personal Communications 71(2) — 2013, P. 1461–1477.
5. Narendra, K.S., Thathachar, M.A.: Learning automata-a survey. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics SMC-4(4) — 1974, P. 323–334.
6. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 312 с.
7. Zhang, X., Granmo, O.C., Oommen, B.J.: On incorporating the paradigms of discretization and bayesian estimation to create a new family of pursuit learning automata. Applied intelligence 39(4) — 2013, P. 782–792.

© Аль-Обайди Амир Мохаммед Жасим (1229004@bsu.edu.ru); Аль-Маави Хайдер Муайяд Ахмед (haider.moayd.7@gmail.com);
Аль-Жанзир Муниф Зуалфекар (1689419@bsu.edu.ru); Заливин Александр Николаевич (zalivin@bsu.edu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ВХОДНЫМ НАБОРОМ КРИТЕРИЕВ ПРИ ВЫБОРЕ СТРАТЕГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Борzych Никита Юрьевич

аспирант, РТУ МИРЭА, г. Москва
allyru@yandex.ru

Смоленцева Татьяна Евгеньевна

д.т.н., профессор, РТУ МИРЭА, г. Москва
smoltan@bk.ru

Смирнов Михаил Вячеславович

к.э.н., доцент, РТУ МИРЭА, г. Москва
mikhailsmirnov@gmail.com

ON THE ISSUE OF MANAGING THE INPUT SET OF CRITERIA WHEN CHOOSING A STRATEGY FOR DESIGNING CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

**N. Borzykh
T. Smolentseva
M. Smirnov**

Summary: The paper analyzes the methods of multicriteria optimization (MCO). An example of the formation of criteria at the stage of choosing a strategy for designing corporate information systems (CIS) is considered. The article describes the application of the hierarchy analysis method, followed by an analysis of the results obtained. The main issues in the application of MCO are formulated, possible solutions are proposed. A scheme for determining the strategy for designing corporate information systems (CIS) has been formed.

Keywords: multi-criteria optimization, hierarchy analysis method, decision support methods, ranking, decision maker, criteria normalization.

Многокритериальная оптимизация актуальна в современном мире, где принятие решений по различным критериям может быть сложным и неоднозначным. Методы МКО позволяют решать задачи, в которых необходимо учитывать несколько критериев одновременно, такие как экономические, экологические и социальные аспекты. Многокритериальная оптимизация применима в различных областях, таких как инженерия, финансы, экология, транспорт, медицина и другие. Она помогает принимать обоснованные и эффективные решения, которые учитывают все необходимые критерии и достигают максимального результата в целевых показателях.

Исследованием методов и алгоритмов поддержки принятия решений по многокритериальному выбору занимались: В.В. Подиновский с книгой «Идеи и методы теории важности критериев», Д.А. Новиков с работой «Теория управления организационными системами», А.А. Лобанов со статьёй «Метод предпочтений как инструмент поддержки принятия решений», Д.С. Набатова «Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений» и другие известные ученые. На основе проведенного анализа пришли к выводу о том, что в данных работах исследователи занимались

Аннотация. В работе проведен анализ методов многокритериальной оптимизации (МКО). Рассмотрен пример формирования критериев на этапе выбора стратегии проектирования корпоративных информационных систем (КИС). В статье приводится описание применения метода анализа иерархий, с последующим анализом полученных результатов. Сформулированы основные вопросы при применении МКО, предложены возможные варианты решений. Сформирована схема определения стратегии проектирования корпоративных информационных систем (КИС).

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, метод анализа иерархий, методы поддержки принятия решений, ранжирование, лицо принимающее решение, нормализация критериев.

поиском оптимального алгоритма многокритериальной оптимизации при поддержке принятия решений.

Далее рассмотрен пример структуры, осуществляющей на начальных итерациях выбор варианта реализации КИС с применением МАИ.

В качестве примера реализации вариантов и возможных критериев на рисунке 1 представлена структурная схема соответствия вариантов с критериями.

Организация осуществляет выбор группы экспертов с последующей оценкой альтернатив в соответствии с сформированными критериями. Результаты представлены в таблице 1. [8]

Далее осуществляется расчет НВП (Нормализованный вектор приоритетов) по формуле 1:

$$\text{НВП}_1 = \frac{a_1}{\sum a_i} \quad (1)$$

где a — критерий или вариант, i — номер критерия или варианта в строке.

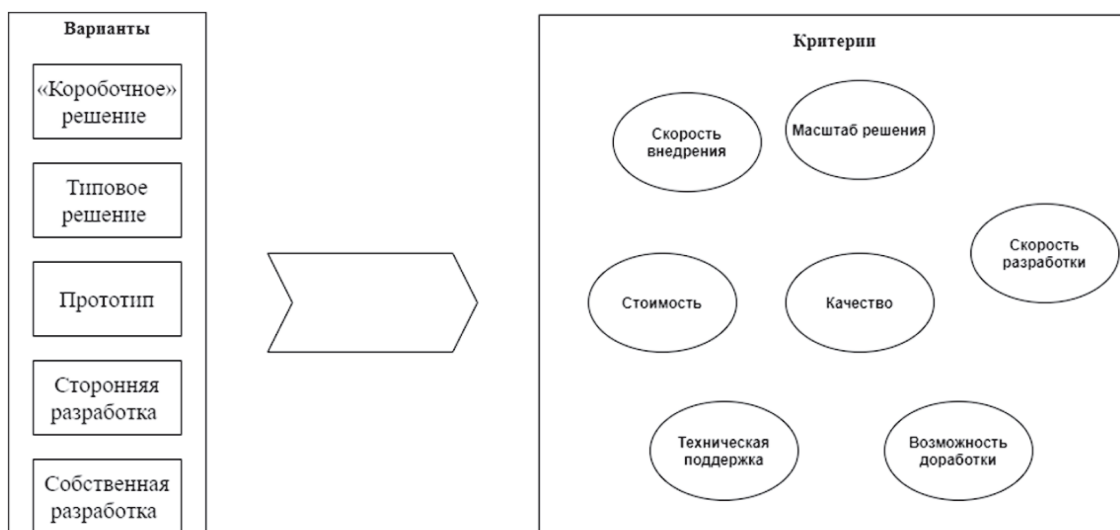


Рис. 1. Схема соответствия вариантов с критериями

Таблица 1.

Выданная оценка ЛПР

	«Коробочное» решение	Типовое решение	Прототип	Заказное решение	
				Сторонняя разработка	Собственная разработка
Стоимость	Недорого	Дёшево	Недорого	Дорого	Очень дорого
Масштаб решения	Среднее	Крупное	Крупное	Среднее	Небольшое
Качество	Высокое	Высокое	Среднее	Высокое/Среднее	Среднее
Скорость внедрения	0	0	3–6	24–36	24–36
Скорость разработки	1–3	3–6	6–12	24–36	24–36
Техническая поддержка	Нет	Есть	Есть	Зависит от договора	Есть(своя)
Возможность доработки	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть

Таблица 2.

Сравнение критериев

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K ₁	1	1	3	5	4	9	9	4,571428571	0,308747856
K ₂	1	1	4	4	3	9	9	4,428571429	0,299099485
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K ₃	1/3	1/4	1	2	3	4	3	1,94047619	0,131057033
K ₄	1/5	1/4	1/2	1	3	4	3	1,707142857	0,115298027
K ₅	1/4	1/3	1/3	1/3	1	4	2	1,178571429	0,079599057
K ₆	1/9	1/9	1/4	1/4	1/4	1	2	0,567460317	0,038325472
K ₇	1/9	1/9	1/3	1/3	1/2	1/2	1	0,412698413	0,02787307
Сумма								14,80634921	1
λ_{max}								7,754917989	
ИС								0,125819665	
ОС								0,095317928	

Проверка согласованности локальных приоритетов производится путем расчета следующих характеристик: Собственного значения матрицы (λ_{max}), индекса согласования (ИС), отношения согласованности (ОС). Благодаря перечисленным характеристикам реализуется возможность проверки на корректное заполнение исходных данных. [1, 2, 3]

Попарное сравнение вариантов по каждому критерию, и заполнялись соответствующие таблицы. Для каждой таблицы проводится проверка согласованности локального ранжирования путем расчета следующих трех характеристик. Результаты сравнения представлены в таблицах 3–9.

Проанализировав конечный результат сравнения в Таблице 10, приходим к выводу, что с наибольшим приоритетным значением вариант под номером 2 — Типовое решение.

Оценки в матрице считаются согласованными, если $ООС \leq 10-15\%$, в противном случае их надо пересматривать. В нашем случае получаем чуть более 4 %, это гово-

рит о том, что матрицы подсчитаны верно и ЛПР корректно указал своё видение оценки вариантов. [4,7,11]

Основные вопросы при использовании МКО в контексте рассмотренного примера можно обобщить следующим образом. [6]

1. Нормализация критериев: согласование критериев с одинаковой шкалой измерения.
2. Выбор принципов оптимизации: определение того, почему оптимальное решение лучше альтернативных вариантов.
3. Проблема рассмотрения иерархии критериев: возникает, когда по ряду причин становится очевидным, что один критерий предпочтительнее другого.

Решение многокритериальной задачи часто сводится к созданию набора оптимальных по Парето множеств и выбору одного из них на основе «здорового смысла» или других критериев. Основными недостатками методов, использующих критериальные ограничения, являются субъективность выбора эталонов и выбора уступок. Например, при использовании метода последовательных уступок необходимо учитывать, что они могут не совпа-

Таблица 3.

Сравнение вариантов по критерию K_1

K_1	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	1/2	1	4	5	2,3	0,256887565
B_2	2	1	2	5	6	3,2	0,357408786
B_3	1	1/2	1	4	5	2,3	0,256887565
B_4	1/4	1/5	1/4	1	2	0,74	0,082650782
B_5	1/5	1/6	1/5	1/2	1	0,413333333	0,046165302
Сумма						8,953333333	1
λ_{max}						5,207743857	
ИС						0,051935964	
ОС						0,039345427	

Таблица 4.

Сравнение вариантов по критерию K_2

K_2	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	1	3	2	3	2	0,309278351
B_2	1	1	3	2	3	2	0,309278351
B_3	1/3	1/3	1	2	1	0,933333333	0,144329897
B_4	1/2	1/2	1/2	1	1/2	0,6	0,092783505
B_5	1/3	1/3	1	2	1	0,933333333	0,144329897
Сумма						6,466666667	1
λ_{max}						5,24742268	
ИС						0,06185567	
ОС						0,046860356	

Таблица 5.

Сравнение вариантов по критерию K_3

K_3	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	1/3	1/3	1/2	1	0,633333333	0,097938144
B_2	3	1	1	2	3	2	0,309278351
B_3	3	1	1	2	3	2	0,309278351
B_4	2	1/2	1/2	1	2	1,2	0,18556701
B_5	1	1/3	1/3	1/2	1	0,633333333	0,097938144
Сумма						6,466666667	1
λ_{\max}						5	
ИС						0,007731959	
ОС						0,005857545	

Таблица 6.

Сравнение вариантов по критерию K_4

K_4	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	1	3	5	5	3	0,347758887
B_2	1	1	3	5	5	3	0,347758887
B_3	1/3	1/3	1	3	3	1,533333333	0,177743431
B_4	1/5	1/5	1/3	1	1	0,546666667	0,063369397
B_5	1/5	1/5	1/3	1	1	0,546666667	0,063369397
Сумма						8,626666667	1
λ_{\max}						5 1/6	
ИС						0,041215868	
ОС						0,031224143	

Таблица 7.

Сравнение вариантов по критерию K_5

K_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	2	3	5	5	3,2	0,391198044
B_2	1/2	1	2	4	4	2,3	0,281173594
B_3	1/3	1/2	1	3	3	1,566666667	0,191524042
B_4	1/5	1/4	1/3	1	1	0,556666667	0,06805216
B_5	1/5	1/4	1/3	1	1	0,556666667	0,06805216
Сумма						8,18	1
λ_{\max}						5,18065743	
ИС						0,045164358	
ОС						0,034215422	

Таблица 8.

Сравнение вариантов по критерию K_6

K_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	1/3	1/3	1/2	1/4	0,483333333	0,075718016
B_2	3	1	1	2	1/2	1,5	0,234986945
B_3	3	1	1	2	1/2	1,5	0,234986945
B_4	2	1/2	1/2	1	2	1,2	0,187989556
B_5	4	2	1	1/2	1	1,7	0,266318538
Сумма						6,383333333	1
λ_{\max}						5,280678851	
ИС						0,070169713	
ОС						0,053158873	

Таблица 9.

Сравнение вариантов по критерию K_7

K_7	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
B_1	1	3	3	3	3	2,6	0,428571429
B_2	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
B_3	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
B_4	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
B_5	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
Сумма						6,066666667	1
λ_{\max}						5	
ИС						0	
ОС						0	

Таблица 10.

Расчет итоговых значений приоритетов

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	Итоговые значения приоритетов
	0,30874	0,29909	0,13105	0,11529	0,07959	0,03832	0,02787	
B_1	0,25688	0,30927	0,09793	0,34775	0,39119	0,07571	0,42857	0,27071
B_2	0,35740	0,30927	0,30927	0,34775	0,28117	0,23498	0,14285	0,31882
B_3	0,25688	0,14432	0,30927	0,17774	0,19152	0,23498	0,14285	0,21172
B_4	0,08265	0,09278	0,1855	0,06336	0,06805	0,18798	0,14285	0,10148
B_5	0,04616	0,14432	0,09793	0,06336	0,06805	0,26631	0,14285	0,09715
ИС	0,05193	0,0618	0,00773	0,04121	0,04516	0,07016	0	1
ОИС								0,04656
ООС								0,04157

дать друг с другом, поэтому нормализация критериев должна быть организована заранее. [5,10,12]

Во всех случаях многокритериальные задачи оптимизации сводятся к однокритериальным задачам. Существует множество способов построения такого конечного критерия, ни один из которых не может быть выбран по умолчанию. Для каждой задачи выбор должен осуществлять ЛПР.

Помимо проблемы с приведением к однокритериальным задачам остается вопрос по определению критерия оценки качества работы экспертов или ЛПР. В рассмотренном методе анализа иерархий задано направление по созданию такого инструмента, однако он не всегда может быть применим. Часть экспертов, внимательно относящаяся к числам, вольно или невольно начинают себя контролировать, чтобы вдруг не нарушить принцип транзитивности и тем самым изменяя результат.

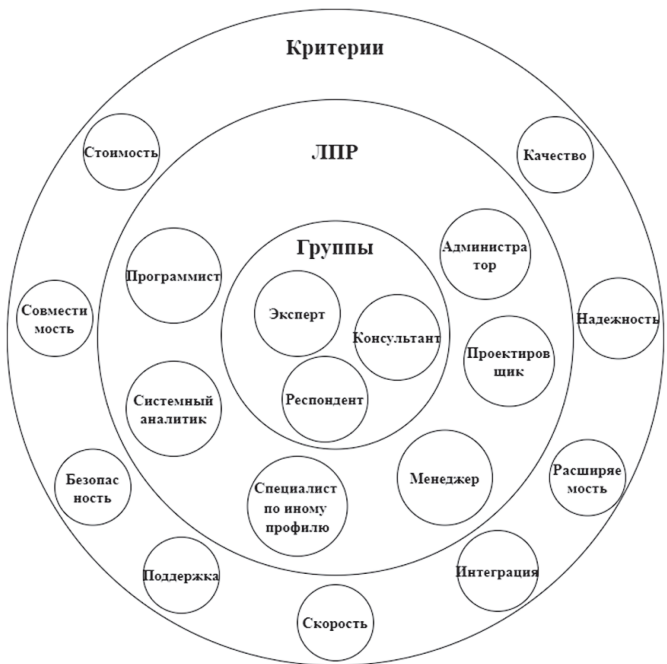


Рис. 2. Схема разбиения ЛПР на группы

Одно из направлений формулирования проблемы заключается в том, что данные, предоставленные выбранным экспертом (ЛПР), могут не всегда совпадать с полученными результатами с учетом применения рассмотренных методов. Несоответствие полученных результатов может быть вызвано недостаточной компетенцией эксперта или его специфическим отношением к задаче. Для снижения ошибок, можно разделить экспертов на группы и ранжировать их в зависимости от их компетенций в разных областях. Это применимо при многокритериальном выборе, когда ЛПР может оказывать существенное влияние на принятие решений. Применение групп из ЛПР будет способствовать снижению вероятности ошибок на этапе принятия решений. [9]

На рисунке 2 показана схема разбиения ЛПР на группы, которая может быть применима в контексте рассматриваемой задачи. В схеме представлены: критерии выбора с характеристиками, определяющими стратегию проектирования КИС, а также ЛПР с различной специализацией в организационной структуре. Также на схеме в подмножестве представлены возможные варианты определения групп ЛПР. Оценка специалиста будет зависеть от его роли: эксперта, консультанта или респондента, в зависимости от того, какой критерий используется. Эксперты будут иметь наибольшее влияние на решение, а респондентам будет предложено прохождение опросников для определения общего мнения в компании. Процесс определения стратегии проектирования КИС можно представить в виде следующей схемы (рисунок 3).

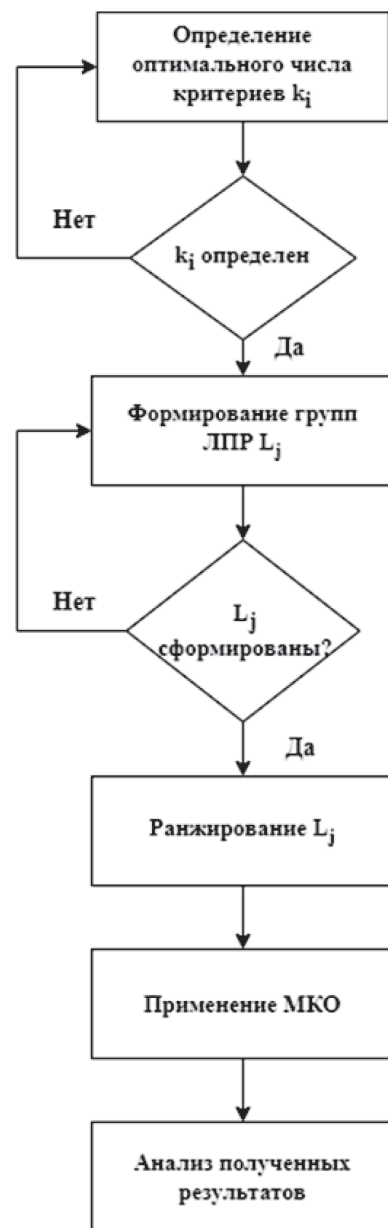


Рис. 3. Процесс определения стратегии проектирования КИС

Можно отметить, что исследование проблемы соответствия результатов МКО, является актуальным в контексте выбора стратегии при проектировании КИС. Были проанализированы работы в данном направлении и рассмотрены методика анализа иерархий, выделены основные вопросы, недостатки текущих методов МКО и предложены

возможные направления решений. Сформирована схема определения стратегии проектирования КИС с предложением разбиения ЛППР на группы с различной специализацией. Это позволит повысить соответствие результатов МКО, при выборе стратегии проектирования КИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лотов А.В. Конспект лекций по теории и методам многокритериальной оптимизации. Учебное пособие/ Лотов А.В., Поспелова И.И. — Москва, 2014/ [Электронный ресурс]: <http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/Lotov&Posp.pdf> (дата обращения 17.03.2023)
2. Lubentsov A.V. The advantage of the method of hierarchy analysis, the statistical methods of decision support/ Lubentsov A.V., Bobrov V.Nn, Desyotov D.B., Noev A.N — Journal of Physics: Conference Series 1203 (2019), С. 8.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. — М.: Либроком, 2009, С. 357
4. Гудков П.А. Методы сравнительного анализа. Учеб. пособие. — Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008, С. 81.
5. Коробов В.Б. «Проблемы использования метода анализа иерархий и пути их решения» / Коробов В.Б., Тутьгин А.Г. — Экономика и управление, № 8 (130), 2016, С. 60–65.
6. Колесников В.Л. Решение многокритериальных задач, оптимальных по Парето / Колесников В.Л., Бракович А.И., Жук Я.А. — Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика, №. 6 (170), 2014, С. 128–130.
7. Набатова, Д.С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум для вузов / Д.С. Набатова. — Москва: Издательство Юрайт, 2023, С. 292.
8. Халин В.Г. Укрупненная классификация систем поддержки принятия решений / Халин В.Г., Чернова Г.В., Юрков А.В. Прикладная информатика, №3 (63), 2016, С. 53–62.
9. Баскаков А.А. Роли и квалификация членов команды ИТ-проекта / Новые импульсы развития: вопросы научных исследований, №. 7, 2020, С. 24–27.
10. Астахова Т.Н., / Анализ моделей и принципов системного моделирования для решения многокритериальной задачи принятия решений / Астахова Т.Н., Романов А.В., Кривоногов С.В. International Journal of Open Information Technologies, № 8, 2020, С. 17–25.
11. Легалов А.И. «Поддержка многокритериального анализа в сложных иерархических системах» / Легалов А.И., Ледаев Д.Н., Анкудинов А.В. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии, №. 1, 2010, С. 35–44.
12. А.В. Калач «К вопросу выбора критериев при проектировании корпоративных информационных систем» / Калач А.В., Смоленцева Т.Е., Борзых Н.Ю. Вестник Воронежского института ФСИИ России, 2022. №4. С. 72–75.

© Борзых Никита Юрьевич (allyru@yandex.ru); Смоленцева Татьяна Евгеньевна (smoltan@bk.ru);
Смирнов Михаил Вячеславович (mikhailsmirnov@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАФРАГМЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ

Голя Роман Дмитриевич

аспирант,

АНО ВО «Российский новый университет»,

roma199810@mail.ru

AUTOMATION OF THE DIAPHRAGM TO REDUCE DOSE LOAD

R. Golya

Summary: Objective: To reduce the radiation load while working on mobile X-ray surgical devices by automating the operation of the slit and iris diaphragm using a convolutional neural network.

Methods: Application of the convolutional neural network UNet, trained on its own anonymized sets of X-rays and open datasets ChestX-ray and MIMIC-CXR.

Results: During the training of the neural network, it was possible to achieve a value of 97% accuracy with an acceptable 33 milliseconds for frame processing, followed by a decision on the state of the aperture.

Conclusions: The proposed method made it possible to get rid of the dependence in the operator when installing the diaphragm in the desired position and size, thereby achieving a more stable and accurate control over the dose load.

Keywords: CNN; deep learning; dose load; diaphragm; medicine; X-ray; segmentation of objects.

Аннотация: Цель: Снижение лучевой нагрузки во время работы на мобильных рентгенохирургических аппаратах за счёт автоматизации работы щелевой и ирисовой диафрагмы с помощью свёрточной нейронной сети.

Методы: Применение свёрточной нейронной сети U-Net, обученной на собственных анонимизированных наборах рентгеновских снимков и открытых датасетах ChestX-ray и MIMIC-CXR.

Результаты: Во время обучения нейронной сети удалось достичь значения 97 % точности при допустимых 33 миллисекундах на обработку кадра с последующем принятием решения о состоянии диафрагмы.

Выводы: Предложенный метод позволил избавиться от зависимости в операторе при установке диафрагмы в нужное положение и размер, за счёт чего получилось достичь более стабильного и точного контроля над дозовой нагрузкой.

Ключевые слова: CNN, глубокое обучение, дозовая нагрузка, диафрагма, медицина, рентген, сегментация объектов.

Введение

Одним из основных типов медицинского рентгеновского оборудованием на текущий момент являются мобильные рентгенохирургические аппараты. Они используются для получения рентгеновских изображений в различных областях медицины, таких как рентгенология, травматология, нейрохирургия и другие. С каждым годом они становятся всё более компактными, более мощными, более безопасными.

Так же, на сегодняшний день наблюдается широкое внедрение нейронных сетей в медицину и, в частности, в рентгенохирургию. В данной области огромное значение имеет минимизация дозовой нагрузки на пациента и врача, а также поиск новых решений с наименьшими затратами как по удобству, так и по времени.

Одним из ключевых способов снижения дозы является ограничение пучка излучения с помощью диафрагмы. Она бывает двух видов: щелевая и ирисовая.

Щелевая и ирисовая диафрагмы — это два типа механизмов, используемых для регулировки размера и формы пучка излучения в различных медицинских и технических приборах.

Щелевая диафрагма представляет собой узкое отверстие или щель, которое может быть настроено на опре-

деленную ширину. Она обычно используется в рентгеновских аппаратах и других медицинских системах для ограничения размера и формы пучка рентгеновского излучения. Щелевая диафрагма позволяет точно контролировать направление и размер пучка, что способствует получению четких и детализированных изображений с минимальной дозовой нагрузкой.

Ирисовая диафрагма, также известная как переменная диафрагма, имеет форму раскрывающейся или сжимающейся «ириски». Она используется в различных оптических и фотографических системах для контроля объектива или светового пучка. Ирисовая диафрагма позволяет регулировать диаметр отверстия, обеспечивая изменение экспозиции, глубины резкости и других оптических параметров системы.

И щелевая диафрагма, и ирисовая диафрагма имеют важное значение в медицинских исследованиях и диагностике, позволяя точно контролировать и оптимизировать параметры излучения и света для достижения наилучшего качества изображений и минимальной дозовой нагрузки на пациента или объект исследования.

Однако для их настройки требуются значительные временные затраты как до исследования, так и во время него. Кроме того, нередки случаи, когда диафрагма не используется из-за незаинтересованности и загруженности медицинского персонала.

В данной статье рассматривается способ решения этих задач с помощью нейронных сетей. Использование нейронных сетей позволяет автоматизировать процесс настройки диафрагмы и снизить влияние человеческого фактора на его использование. С помощью методов глубокого обучения и анализа изображений, нейронная сеть может определить оптимальное положение и размер диафрагмы для каждого конкретного случая, основываясь на анализе анатомических структур пациента и требуемого качества изображения.

Применение нейронных сетей для автоматизации диафрагмы в рентгеновской съёмке позволяет существенно сократить временные затраты и повысить эффективность процесса. Кроме того, это способствует снижению дозовой нагрузки на пациента и врача, обеспечивая высокое качество изображений при минимальной дозе излучения. Такое решение может иметь значительное практическое применение и способствовать улучшению качества и безопасности рентгенохирургических процедур.

Материалы и методы

Задачу необходимо решать в реальном времени. На рентгеновский аппарат поступает видеопоток с скоростью 30 кадров в секунду, следовательно, необходимо разработать систему таким образом, чтобы обработка кадра занимала не менее 33 миллисекунды [4], а с учётом высоких медицинских стандартов [8] необходима точность не менее 95 %.

Для реализации была выбрана модель свёрточной нейронной сети U-Net, а обучение происходит на собственном архиве обезличенных рентгеновских снимков различных зон исследования пациентов с разным процентном соотношения нахождения областей в снимке, а также открытыми датасетами ChestX-ray и MIMIC-CXR.

U-Net является свёрточной нейронной сетью, которая широко используется в области медицинского образования. Она была разработана для решения задач сегментации изображений.

Архитектура U-Net основана на энкодере и декодере, объединённых через соединительный путь. Это позволяет сети извлекать информацию о контексте изображения на разных уровнях разрешения и использовать её для точного распознавания границ объектов.

ChestX-ray: Этот датасет содержит более 100 000 рентгеновских снимков грудной клетки с различными патологиями. Он предоставляет ценные данные для разработки моделей искусственного интеллекта для автоматического распознавания и классификации объектов на рентгеновских снимках [1].

MIMIC-CXR: Этот датасет содержит более 350 000 рентгеновских снимков и соответствующую клиническую информацию. Он предназначен для разработки моделей искусственного интеллекта для автоматического анализа рентгеновских снимков.

Процесс использования U-Net для автоматизации диафрагмы включает следующие шаги:

Обучение модели: Нейронная сеть обучается на большом наборе рентгеновских снимков, предварительно размеченных с указанием границ объектов и соответствующих параметров диафрагмы. В процессе обучения модель «выучивает» связи между пикселями изображения и границами объектов.

Интеграция с рентгеновской системой: Обученная модель U-Net интегрируется в рентгеновскую систему для обработки входных снимков в режиме реального времени. Модель анализирует изображение и определяет границы объектов, предлагая соответствующие параметры диафрагмы.

Автоматическое управление диафрагмой: на основе вывода модели U-Net передаются координаты для диафрагмы рентгеновской системы, после чего автоматически регулируется положение и размер диафрагмы для обеспечения оптимального покрытия объекта и снижения лучевой нагрузки на пациента и медицинский персонал.

Дообучение и адаптация: В случае необходимости модель U-Net может быть дальше дообучена и адаптирована к конкретным требованиям и особенностям рентгеновской системы. Это может включать использование дополнительных данных для расширения обучающего набора или настройку гиперпараметров модели для оптимальной производительности.

Оценка и валидация: Результаты работы модели U-Net оцениваются и проверяются с помощью набора тестовых данных, где сравниваются результаты автоматического управления диафрагмой с ручной настройкой и полученной дозой в обоих случаях. Это позволяет оценить эффективность модели, её скорость и способность снижать лучевую нагрузку.

Итеративный процесс улучшения: Процесс снижения дозовой нагрузки с помощью автоматизации диафрагмы является итеративным. Система может быть дальше оптимизирована и улучшена на основе обратной связи от медицинского персонала и результатов клинических испытаний. Это может включать уточнение модели, добавление новых функциональностей и улучшение алгоритмов для более точного и надёжного определения границ в сложных ситуациях.

Результаты

В ходе поиска оптимальной архитектуры нейронной сети по соотношению быстродействие/точность определения границ, была выявлена следующая архитектура сети:

Таблица 1.

Архитектура сети U-Net

№ слоя	Тип слоя	Описание слоя
1	Входной слой	Принимает входное изображение заданного размера
2	Сверточный слой	Количество фильтров: 64 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
3	Сверточный слой	Количество фильтров: 64 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
4	Пулинговый слой	Размер пулинга: 2x2
5	Сверточный слой	Количество фильтров: 128 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
6	Сверточный слой	Количество фильтров: 128 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
7	Пулинговый слой	Размер пулинга: 2x2
8	Сверточный слой	Количество фильтров: 256 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
9	Сверточный слой	Количество фильтров: 256 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
10	Пулинговый слой	Размер пулинга: 2x2
11	Транспонированный сверточный слой	Количество фильтров: 128 Размер фильтра: 2x2 Функция активации: ReLU Операция объединения с признаками из слоя с более низким разрешением
12	Сверточный слой	Количество фильтров: 128 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
13	Сверточный слой	Количество фильтров: 128 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
14	Транспонированный сверточный слой	Количество фильтров: 64 Размер фильтра: 2x2 Функция активации: ReLU Операция объединения с признаками из слоя с низким разрешением

№ слоя	Тип слоя	Описание слоя
15	Сверточный слой	Количество фильтров: 64 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
16	Сверточный слой	Количество фильтров: 64 Размер фильтра: 3x3 Функция активации: ReLU
17	Выходной слой	Сверточный слой с одним фильтром и функцией активации Sigmoid для бинарной сегментации.

Данная архитектура позволяет получить конечное решение по положению диафрагмы за 26 миллисекунд с точности 97 %.

Заключение

В данном контексте использование нейронных сетей представляет собой многообещающий подход. Нейронные сети позволяют автоматизировать процесс настройки диафрагмы, учитывая различные факторы, такие как тип исследования, анатомические особенности пациента, требуемое качество изображения и другие параметры.

Использование методов глубокого обучения и анализа изображений позволяет нейронным сетям обучаться на большом объеме данных, что в свою очередь позволяет создать точные модели для предсказания оптимальных параметров диафрагмы. Например, нейронная сеть может анализировать предыдущие снимки пациента, определять оптимальное положение и размер диафрагмы, основываясь на анатомических структурах и требованиях к качеству изображения.

Преимущества применения нейронных сетей для автоматизации диафрагмы в рентгенохирургии включают сокращение временных затрат, повышение эффективности, снижение дозовой нагрузки на пациента и врача, а также повышение качества и консистентности изображений. Это также может снизить зависимость от человеческого фактора и помочь преодолеть проблему незаинтересованности медицинского персонала в использовании диафрагмы.

Однако, необходимо отметить, что использование нейронных сетей в данной области требует качественных данных для обучения и тщательной проверки их работоспособности и надежности. Кроме того, необходимо учесть этические и юридические аспекты, связанные с использованием и автоматизацией медицинских процедур.

В целом, использование нейронных сетей для автоматизации диафрагмы в рентгенохирургии представляет собой перспективное направление и активно исследуется в научных и практических работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chest X-Ray Images (Pneumonia). URL: <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia> (дата обращения: 14.03.2023).
2. Cleophas T.J., Zwiderman A.H. Machine learning in medicine: a complete overview. Springer, 2015. 516 p.
3. Deak P.D. et al. Effects of adaptive section collimation on patient radiation dose in multisection spiral CT // Radiology. — 2009. — Т. 252. — №. 1. — С. 140–147.
4. Luecking H. et al. Change your Angle of View: Sinusoidal C-Arm Movement in Cranial Flat-panel CT to Improve Image Quality // Clinical Neuroradiology. — 2022. — С. 1–7.
5. Varshni D., Thakral K., Agarwal L. [et al.]. Pneumonia detection using CNN based feature extraction // 2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICEECT). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8869364> (дата обращения: 30.05.2020).
6. Wagner M. G. et al. Method for 3D navigation of airways on a single C-arm using multi-sweep limited angle acquisition and frame-by-frame device reconstruction // Medical Imaging 2021: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling. — SPIE, 2021. — Т. 11598. — С. 162–170.
7. Арбузова Анастасия Андреевна. Диагностика пневмонии по рентгеновским снимкам с помощью сверточных нейронных сетей // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-pnevmonii-po-rentgenovskim-snimkam-s-pomoschyu-svertochnyh-neyronnyh-setey> (дата обращения: 07.05.2023).
8. ГОСТ Р 59921.0-2022 Системы искусственного интеллекта в клинической медицине // Электронный фонд правовых и нормативно— технических документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193727> (дата обращения: 02.03.2023).
9. Гусев А. Обзор Российских систем искусственного интеллекта для здравоохранения. URL: https://webiomed.ai/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-iskusstvennogointellekta-dlia-zdravookhraneniia/?utm_source=direct&utm_medium=email&utm_campaign=webiomed (дата обращения: 11.04.2023).
10. Жерон О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. СПб.: Диалектика, 2020. 1040 с.
11. Клеох Дмитрий Юрьевич, Карелина Екатерина Борисовна, Батырев Юрий Павлович. Использование технологии сверточных нейронных сетей в сегментации объектов изображения // Вестник МГУЛ — Лесной вестник. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologii-svertochnyh-neyronnyh-setey-v-segmentatsii-obektov-izobrazheniya> (дата обращения: 27.04.2023).
12. Онищенко П.С., Клышников К.Ю., Овчаренко Е.А. Искусственные нейронные сети в кардиологии: анализ графических данных // Бюллетень сибирской медицины. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennye-neyronnye-seti-v-kardiologii-analiz-graficheskikh-dannyh> (дата обращения: 11.04.2023).

© Голя Роман Дмитриевич (roma199810@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ И ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В АДМИНИСТРАТИВНОМ ЗДАНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

DESIGNING A SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING LIGHTING AND TEMPERATURE CONDITIONS IN THE ADMINISTRATIVE BUILDING OF THE ENTERPRISE

A. Goncharov
K. Brattsev
A. Ostapenko

Summary: Currently, there are many solutions in the field of «Smart Buildings». These solutions have different implementation complexity and, accordingly, price range. Also, these systems are not flexible and have an «unfriendly» interface for new users. This article is devoted to the development of appropriate equipment based on the Raspberry Pi and Wemos D1 mini hardware platform.

The problem is the presence of many solutions in the field of «Smart buildings» with a complex interface.

Purpose — The goal is to build an intelligent automation system based on the Wemos D1 mini microcontroller.

Results: an intelligent automation system was designed based on the Wemos D1 mini microcontroller, which complies with the principles of system flexibility, low cost and ease of setup.

Practical implications: Scope of the results: the results obtained can be applied to enterprises and in domestic conditions.

Keywords: Wemos, Raspberry Pi, automation, smart home, climate control.

Гончаров Андрей Витальевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
a.goncharov@mgutm.ru

Братцев Кирилл Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
bk@fpv.ru

Остапенко Алина Евгеньевна

старший преподаватель,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
a.ostapenko@mgutm.ru

Аннотация: В настоящее время существует множество решений в области «Интеллектуальных зданий». Эти решения имеют различную сложность реализации и, соответственно, ценовой диапазон. Также данные системы не гибки и имеют «недружелюбный» интерфейс для новых пользователей. Данная статья посвящена разработке соответствующего оборудования на базе аппаратной платформы Raspberry Pi и Wemos D1 mini.

Проблема — наличие большого количества решений в области «Интеллектуальных зданий» со сложным интерфейсом.

Цель — построения интеллектуальной системы автоматизации на микроконтроллере Wemos D1 mini.

Результаты: спроектирована интеллектуальная система автоматизации на микроконтроллере Wemos D1 mini, которая соответствует принципам гибкости системы, невысокой стоимости и простоте настройки.

Область применения результатов: полученные результаты можно применять на предприятия и в бытовых условиях.

Ключевые слова: Wemos, Raspberry Pi, автоматизация, умный дом, контроль климата.

Современные помещения оснащены огромным количеством оборудования и устройствами, обеспечивающими человеку комфортные условия проживания. Есть немало средств автоматики, которые сами справляются с возложенными на них задачами, такими, как отопление, вентиляция, поддержание микроклимата, освещение, контроль входа /выхода и прочее. Представленные на рынке компании, производящие автоматизированные системы, в основном предлагают выбрать уже готовые комплекты, что исключает наличие такого требования, как гибкость системы, а также обладают достаточно высокой стоимостью, что не подходит пользователям, предъявляющим минимальные требования к системе. [1, 2]

Мы провели анализ имеющихся на рынке систем «умный дом» и установили, что:

1) «Хайт Про»



Это компактное устройство, которое подключается к розетке 220 В и работает на своей радиочастоте (868 МГц) без соединения с интернетом. На корпусе есть кнопка управления, два индикаторных светодиода и два разъема (RJ-45 и USB). Настройка системы и добавление устройств происходит с помощью приложения HiTE PRO. Среди возможностей выделяют: управление освещением, приводами (открытие и закрытие штор, жалюзи), контроль по датчикам (движения, температуры, влажности, протечки воды, открытия дверей и окон) и создание сценариев.

Умный дом работает в пяти экосистемах: Apple HomeKit, Google Home, HiTE PRO, Tuya Smart и «Умный дом Яндекса». Также системой можно управлять с помощью голосовых ассистентов: Google Assistant, «Яндекс.Алиса», Siri, «Маруся». В комплект входят: «мозг» умного устройства, одно реле для управления светом, беспроводной выключатель, датчики открытия двери и воды.

По отзывам покупателей, иногда происходят сбои в системе и теряется связь между блоком управления и реле. Также пользователи отмечают, что редко выходят обновления ПО. [6, 7]

2) AJAX StarterKit black



Комплекс состоит из центрального хаба («мозг» системы) и двух датчиков: движения и открытия дверей. Этого вполне достаточно, чтобы контролировать помещение. Для активации работы AJAX достаточно включить устройство в сеть и подключить его к сети интернет.

Устройство работает через приложение — оно устанавливается на любую систему, будь это Android или iOS, после установки которого владелец сможет получать на свой смартфон уведомления о срабатывании датчиков, в виде push-сообщения.

Датчики, входящие в комплект, имеют высокую чувствительность — срабатывание произойдет буквально с первого шага человека, находящегося в комнате. Угол

обзора камеры — до 135°. Как вывод простой монтаж, высокая чувствительность датчиков, легкое управление системой, но достаточно высокая цена, изредка возможны ложные срабатывания, слабые элементы питания. [6, 7]

3) «Ростелеком Расширенный Безопасность»



Система создана для обеспечения безопасности и комфорта в вашем доме. Управление производится с помощью ПК, планшета или смартфона через личный кабинет или специальное приложение («Видеонаблюдение и Умный дом Ро»). В комплекте поставляется расширенный набор датчиков: открытия дверей и окон, движения, температуры и освещенности, дыма и протечки, а также контроллер, который нужен для управления и настройки устройств по протоколу связи Z-Wave.

Через приложение можно создавать сценарии действий — устройства и датчики будут выполнять все команды согласно заданным настройкам.

Однако, длительные ответы техподдержки, система долго загружается, но имеется расширенный комплект датчиков безопасности, различные варианты управления. [6, 7]

4) «Стоп-беда базовый»

Система ориентирована на безопасность в квартире и предотвращает неприятные последствия не только у вас, но и у соседей. «Стоп-беда» может обнаружить утечку газа, протечки воды, задымление и пожар, а также проникновение воров. Система устанавливается просто и быстро, без необходимости прибегать к помощи специалистов.

Устройство следит не только за целостностью и работоспособностью всех своих датчиков, но и за положением закрывающихся кранов, а также проводит профи-

лактические открывания и закрывания для избавления от известкового налета. Управляется с помощью приложения «СТОП-БЕДА» и пульта ДУ. Работает в экосистеме умного дома «Яндекс» и имеет голосовое управление через «Яндекс.Алису».



Поддерживает подключение до 30 датчиков разных типов и неограниченное количество проводных контроллеров протечки воды. По отзывам пользователей, в комплекте отсутствуют фиксаторы датчиков (нужно приобретать отдельно), а также отмечают сложный интерфейс приложения. [6, 7]

Сделав подробный анализ существующих стандартов для построения автоматизированной системы управления, рассмотрев готовые решения, была поставлена задача построения собственного программно-аппаратного комплекса, который бы удовлетворял следующим требованиям

- гибкость системы,
- невысокая стоимость,
- простота настройки. [3, 4, 5]

Назначение разрабатываемой системы: возможность дистанционного управления освещением, задача климатического контроля на объекте автоматизации, обеспечение охраны объекта, возможность дистанционного управления бытовой техникой.

Целью работы является построения интеллектуальной системы автоматизации на микроконтроллере Wemos D1 mini.

Исходя из вышесказанного, требования, предъявляемые к разрабатываемой системе:

- контроль входа / выхода сотрудников;
- контроль температуры и уровня освещенности;
- управление шторами / жалюзи;
- управление кондиционером; управление осветительными приборами.

В результате построения была составлена структурная схема, изображённая на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема

Управляющим микроконтроллером был выбран Wemos, который поддерживает беспроводную передачу данных по сети Wi — Fi, что позволяет упростить конструкцию, а также Raspberry Pi 3 с поддержкой Wi — Fi сетей.

В качестве датчика освещенности в разрабатываемой системе используется фоторезистор FR — 5226.

Датчиком температуры является DS18B20. В качестве ИК приемника используется TSOP34836.

Для управления шторами используется шаговой двигатель Nema 17.

В качестве считывателя для пропускной системы используется считыватель RFID RC522. Для управления системой было разработано программное обеспечение (рисунок 2), позволяющее управлять всеми частями.



Рис. 2. Разработанное программное обеспечение

Описанное программное обеспечение находится на стадии разработки и тестирования, но по итогам уже проделанной работы можно сделать заключение, что оно будет востребовано для обеспечения необходимого поддержания микроклимата и освещение в помещении административного здания предприятия. Проведенные предварительные испытания показали, что система отвечает всем заявленным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коптелова М.А., Борисов А.П. Построение интеллектуальной системы автоматизации «умный дом» на микроконтроллере wemos d1 mini // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 ноября 2016 г., г. Волгоград). В 3 ч. Ч.2 / — Уфа: АЭТЕРНА, 2016. — с. 40–42.
2. Глазов М.М., Екшикеев Т.К. Статистика. Учебно-методический комплекс. Для высших учебных заведений. — СПб.: РГГМУ, 2017. — 154 с.
3. Антипин В.С., Наймушин В.И. Справочник молодого монтажника приборов контроля и систем автоматизации. — М.: Высшая школа, 2001 г.
4. Ильина И.Л. Проектирование автоматизированных систем. Учебное пособие. — Ангарск. 2005 г.
5. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов — М.: Энергоатомиздат. 2008 г.
6. <http://tsu.tmb.ru>
7. <https://moodle.kstu.ru>

© Гончаров Андрей Витальевич (a.goncharov@mgutn.ru), Братцев Кирилл Евгеньевич (bk@grv.ru); Остапенко Алина Евгеньевна (a.ostapenko@mgutn.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА В КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА»

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru

Петренко Александр Сергеевич

Магистрант,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
ipax.fouls00@mail.ru

APPLICATION OF MARKOV CHAINS THEORY TO MODELING OF HUMAN- OPERATOR ACTIVITY IN CONTROL LOOP OF HUMAN-MACHINE SYSTEM

**B. Goryachkin
A. Petrenko**

Summary: The article deals with the problem of modeling human-computer interaction. Modeling human-computer interaction is a complex and difficult task. One of the key problems is to develop a user model that accurately reflects their needs, abilities, and behavior. Moreover, user needs and abilities may change over time, which makes it necessary to constantly update the user model to ensure its accuracy and usefulness.

The model of an estimation of quality of the information entered by the person-operator into human-machine system on the basis of Markov chains was presented. Due to the model it was possible to establish interrelation between the number of steps of the process in human-machine system and the probability of operator's error during the input of the symbol, and to calculate optimum values of these parameters.

Application of the given model for an estimation of quality of information input and model expansion on the tasks executed by technical part of system, allow to consider better real working conditions of human-machine system.

Keywords. Human operator, modeling of operator activity, Markov chain, probability of state, command input, human-machine system, information system.

Аннотация: В статье рассматривается проблема моделирования взаимодействия человека с компьютером. Моделирование взаимодействия человека и компьютера является сложной и трудной задачей. Одной из ключевых проблем является разработка модели пользователя, которая точно отражает его потребности, способности и поведение. Более того, потребности и способности пользователя могут меняться со временем, что делает необходимым постоянное обновление модели пользователя для обеспечения её точности и полезности.

Результаты. Была представлена модель оценки качества, вводимой человеком-оператором информации в системе «человек-машина» на основе марковских цепей. Благодаря модели удалось установить взаимосвязь между количеством шагов процесса в системе «человек-машина» и вероятностью ошибки оператора при вводе символа и рассчитать оптимальные значения данных параметров.

Применение данной модели для оценки качества ввода информации и расширение модели на задачи, выполняемые технической частью системы, позволяют лучше учитывать реальные условия работы человека-оператора в системе «человек-машина».

Ключевые слова. Человек-оператор, моделирование деятельности оператора, цепь Маркова, вероятность состояния, ввод команды, система «человек-машина», информационная система.

Введение

Как в повседневной жизни, так и в работе мы имеем дело с разнообразными информационными системами (ИС). Системы информационных услуг или информационные сервисы — это те, в которых пользователь управляет компьютерной системой, а с помощью нее управляет соответствующим процессом или сервисом. В их число входят: распространенные системы обслуживания клиентов, предлагаемые в Интернете, системы резервирования мест, системы поиска информации (от расписаний до библиографической и научной информации) и т.д. Встречаются и так называемые «открытые системы», например, в случае мобильной связи

и банков. Банкомат представляет собой типичный пример взаимодействия неквалифицированного оператора и специализированного компьютера. В случае такой системы пользовательский интерфейс должен обеспечить быстрый доступ к требуемой функции.

Иную группу подобных систем составляют специализированные системы, которые используются для управления действиями (например, системы управления воздушным движением, системы управления объектами, системы аварийно-спасательных операций, системы военного назначения и т.д.). Характерными чертами систем, которые используются для управления действиями, являются (среди прочего): участие человека

в системных задачах, неполная информация об управляемом процессе, высокая динамика изменения состояния системы, ограниченность времени и высокие требования к корректности выполнения задачи со стороны системы. Использование исполнительных элементов системы определяется информационно-решающей подсистемой [1]. Задачи информационной системы сводятся к обработке собранных данных и представлению их человеку-оператору (ЧО). Задачи оператора, выполняемые за счет использования сложного интерфейса, заключаются в следующем: наблюдение за отображаемой информацией, получение необходимой информации, ее осмысление, ввод дополнительной информации, оценка ситуации, принятие решений и ввод данных для реализации принятых решений в компьютерную систему [2]. Таким образом, операции, выполняемые оператором, достаточно часто сводятся к вводу команд в компьютер.

Специфика деятельности ЧО в контуре управления системы «человек-машина»

На этапе проектирования системы человек-машина (СЧМ) возникает проблема оценки качества системы, в частности, проблема оценки качества выполнения задач, осуществляемых человеком-оператором в процессе проектирования взаимодействия оператора с компьютером [3, 4]. На основе такой оценки проектировщик может изменить проект таким образом, чтобы СЧМ выполняла задачи с предполагаемым качеством. Для проектировщика СЧМ важны качественные характеристики деятельности, осуществляемой оператором. На основе знания таких характеристик проектировщик системы может в целом оценить: качество выполняемых системой задач, определить полезность изменений в способах ввода информации, чувствительность к изменениям алгоритмов выполнения задач оператором и многое другое [5, 6].

Чтобы помочь проектировщику СЧМ в решении упомянутых выше проблем, необходимы некоторые модели, применимые по отношению к конкретным системам взаимодействия оператора и машины. На основе этих моделей можно будет оценить качество действий оператора, например, вводящего информацию через спроектированный интерфейс.

Оценка качества выполнения задачи оператором затруднена из-за следующих факторов [7]:

- 1) случайный характер работы оператора, точнее, случайное время выполнения элементарных операций;
- 2) случайный выбор частичных задач, выполнение которых приводит к завершению всей задачи;
- 3) изменяемость во времени характеристик качества частичного выполнения задачи оператором;
- 4) помехи в работе оператора, т.е. стресс, вызванный различными факторами (в т.ч. ограниченным временем).

В данной работе действие оператора по отношению к СЧМ (исследование этих действий) ограничивается вводом информации (т.е. вводом команды) в систему. Не учитываются содержательные проблемы принятия решений, рассматривается техническая сторона деятельности оператора. В основу анализа положено понятие элементарного действия или операции, т.е. базовой единицы действия оператора. Предполагается, что оператор выполняет элементарные действия, входящие в состав задачи ввода информации. Элементарное действие оператора состоит, например, в нажатии клавиши или щелчке мышью на объект. Задачи, выполняемые оператором, представлены в виде последовательности элементарных действий.

Применение математических методов и средств для создания модели человека-оператора

В данном исследовании предложено взять за основу математического аппарата марковские цепи.

Протекание какого-либо процесса и прогнозирование его будущего состояния в любой момент времени на основании известного настоящего описывается марковскими процессами, где появление случайных событий представлено в виде вероятностей переходов из одного состояния в другое [8]. При этом предполагается, что переход в каждое следующее состояние зависит только от предыдущего, образуя последовательность (цепь). Это полностью согласуется с определением свойств операторской деятельности в СЧМ: итерационность и предопределение предыдущим действием ЧО его последующих действий.

В теории марковских цепей основными вероятностными характеристиками являются не математическое ожидание и корреляционная функция, а вектор начальных состояний и матрица перехода [9].

Переход осуществляется под влиянием воздействующих негативных факторов и характеризуется вероятностью перехода p_{ij} . Каждая величина p_{ij} является переменной и показывает вероятность попадания в j -е состояние из i -го [10]. Для рассматриваемой СЧМ допустим, что множество моментов времени является дискретным. Для простоты записи также примем, что события $X(t) = a_i$ могут быть представлены как

$$X(t) = i, i \in M = \{1, \dots, m\} \#(1)$$

где M — число состояний системы в интервале от 1 до m .

Теперь опишем вероятности переходов для достижения того или иного состояния. Вектор вероятностей состояний:

$$P(k) = [P_1(k), P_2(k), \dots, P_i(k), \dots, P_m(k)], \#(2)$$

где $P_i(k) = P\{X(k) = i\}$ вероятность того, что процесс перейдет в состояние i через k шагов, $i \in M$.

Вектор вероятностей имеет предел:

$$P^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} P(k). \#(3)$$

Уравнение Чепмена-Колмогорова:

$$P(k + 1) = P(k)\Pi, \#(4)$$

где $\Pi = [p_{ij}], i, j = 1, \dots, m$ — стохастическая матрица; $p_{ij} = P\{X(k + 1) = j | X(k) = i\}$ — вероятность того, что процесс окажется в состоянии j через $k + 1$ шагов при условии, что процесс находился в состоянии i спустя k шагов.

Предположим, что стохастическая матрица регулярна. Это необходимое и достаточное условие существования предела:

$$\Pi^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} \Pi^k \#(5)$$

Определим z -преобразование (преобразование Лорана) функции Π^k следующим образом:

$$P(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \Pi^k z^{-k} \#(6)$$

$$P(z) = z(zI - \Pi)^{-1} \#(7)$$

Свойство z -преобразования:

$$\begin{aligned} \Pi^\infty &= \lim_{k \rightarrow \infty} \Pi^k = \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)P(z) = \\ &= \lim_{z \rightarrow 1} z(z - 1)(zI - \Pi)^{-1}. \#(8) \end{aligned}$$

Поскольку собственному значению стохастической матрицы Π соответствуют только линейные элементарные делители, возможно следующее преобразование матрицы $(zI - \Pi)^{-1}$:

$$(zI - \Pi)^{-1} = \frac{1}{z - 1}C + T(z) \#(9)$$

где матрица C независима от z и матрица T удовлетворяет условию:

$$\lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)T(z) = 0 \#(10)$$

Учитывая, что матрица Π регулярна, имеем:

$$\Pi^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} \Pi^k = C \#(11)$$

Раз матрица Π регулярна, то вектор

$$P^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} P(k) = \lim_{k \rightarrow \infty} P(0)\Pi^k \#(12)$$

не зависит от исходной величины $P(0)$. Вектор $P(k)$ определяется аналитически с использованием дискретного преобразования Лапласа. Как следствие, определяется вектор P^∞ .

Используя z -преобразование относительно уравнения Чепмена-Колмогорова, мы имеем $zP(z) - zP(0) = P(z)\Pi$, где $P(z)$ — z -преобразование функции $P(k)$. Тогда $P(z)$ может быть определено с помощью уравнения

$$P(z) = zP(0)(zI - \Pi)^{-1} \#(13)$$

где I — единичная матрица.

Модель ЧО в системе «человек-машина»

При функционировании компьютерной системы ЧО взаимодействует с компьютером при выполнении задач. Оператор получает необходимую информацию из системы и вводит в нее дополнительную информацию. И приемный, и входящий процессы выполняются вводом соответствующей команды в систему (рис. 1).

ИМЯ Пар₁ Пар₂ ... Пар_i ... Пар_n ПРИНЯТИЕ

Рис. 1. Типовая форма команды (где: ИМЯ — идентификатор вида команды, Пар_i — i -й параметр команды, ПРИНЯТИЕ — окончание ввода команды)

Упрощенным примером команды может быть команда без параметров, состоящая из одного знака, который одновременно является именем команды и подтверждением, и вводится нажатием клавиши оператором.

Алгоритм ввода оператором одного знака показан на рис. 2.

На рис. 3 приведен соответствующий граф переходов.

Переход между состояниями следует интерпретировать как процесс ввода или вывода знака.

Состояния процесса ввода команды можно описать следующим образом:

a_1 — ввод знака;

a_2 — удаление знака в ситуации, когда знак введен правильно, а оператор принял неверное решение, состояние можно назвать «состоянием ложной тревоги»;

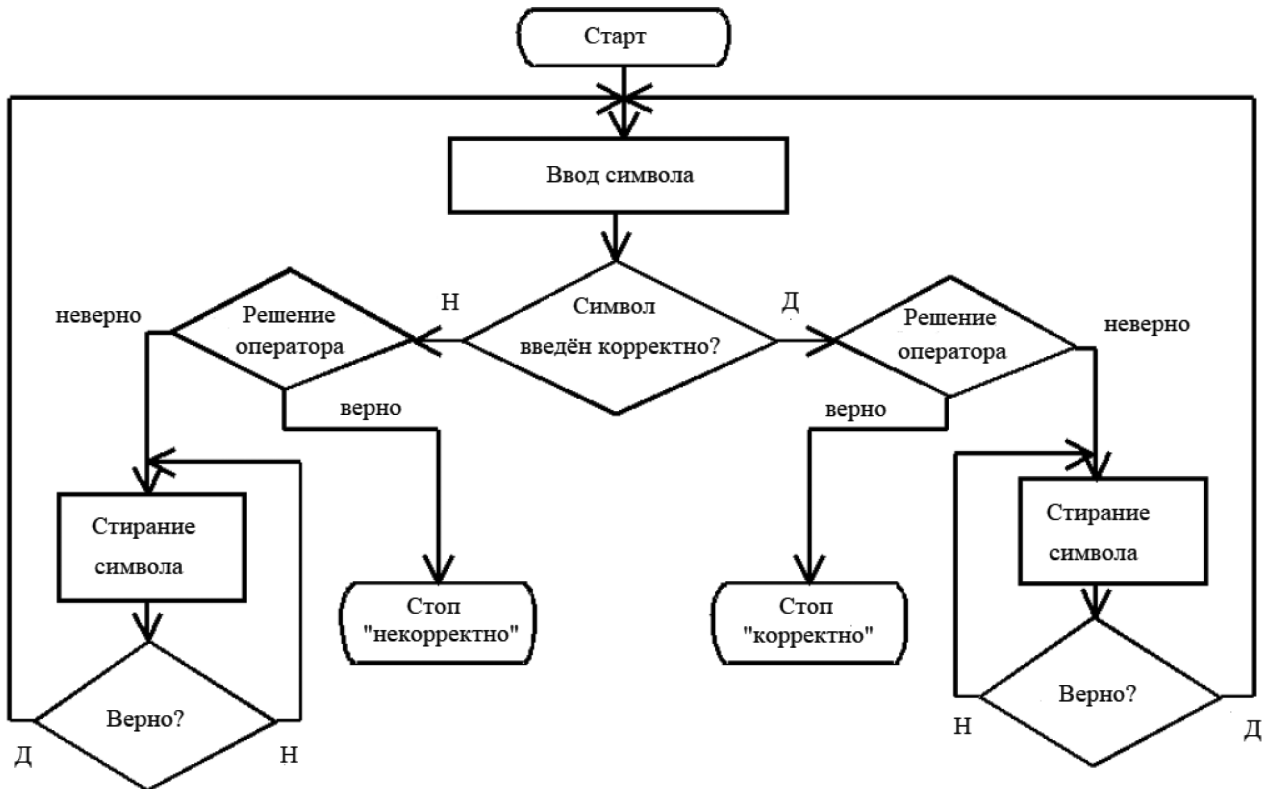


Рис. 2. Схема работы оператор

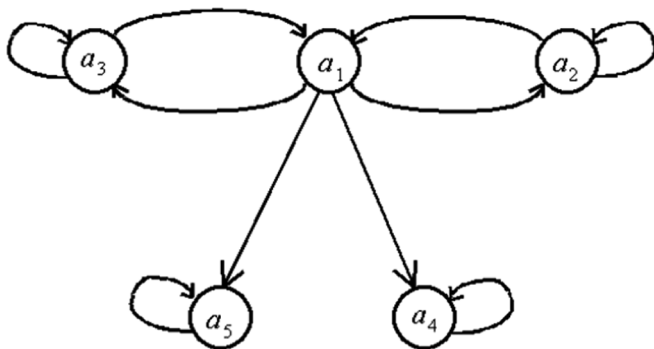


Рис. 3. Граф процесса ввода одного знака

a_3 — удаление знака в ситуации, когда знак был введен неверно и оператор принял правильное решение, состояние можно назвать «правильным состоянием тревоги»;

a_4 — окончание ситуации, когда знак введен правильно и оператор принял правильное решение, состояние можно назвать «состояние правильного ввода»;

a_5 — окончание ситуации, когда знак был введен неверно и оператор принял неверное решение, состояние можно назвать «ложным спокойным состоянием».

Принимая во внимание характеристики надежности активности ЧО, можно определить такую качественную характеристику процесса ввода команд, как вероятность

$P_4(k)$ — вероятность того, что процесс ввода команды достиг состояния «введено правильно» после k шагов.

Установим следующие параметры ЧО:

p — вероятность того, что оператор неправильно введёт символ (ошибка)

p_d — вероятность того, что решение оператора неверно

p_c — вероятность того, что оператор неправильно удалит символ

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0 & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} \\ p_{21} & p_{22} & 0 & 0 & 0 \\ p_{31} & 0 & p_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \#(14)$$

где

$$p_{12} = (1 - p)p_d, p_{13} = p(1 - p_d), p_{14} = (1 - p)(1 - p_d), p_{15} = pp_d, p_{21} = 1 - p_c, p_{22} = p_c, p_{31} = 1 - p_c, p_{33} = p_c$$

Начальный момент характеризуется вектором $P(0) = [1, 0, 0, 0, 0]$.

Используя z-преобразование согласно уравнению (13), имеем

$$P(z) = \left[\begin{array}{c} \frac{z(z - p_c)}{\gamma}, \frac{zp_{12}}{\gamma}, \frac{zp_{13}}{\gamma}, \\ \frac{zp_{14}(z - p_c)}{(z - 1)\gamma}, \frac{zp_{15}(z - p_c)}{(z - 1)\gamma} \end{array} \right], \#(15)$$

где $\gamma = z(z - p_c) - (1 - p_c)(p_{12} - p_{13})$.

Предельное распределение вероятностей пребывания в тех или иных состояниях для рассматриваемого процесса ввода знака имеет вид:

1) Для состояния a_4 имеем

$$P_4^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} P_4(k) = \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)P_4(z) = \frac{(1 - p)(1 - p_d)}{1 - p + 2pp_d - p_d}, \#(16)$$

2) Для состояния a_5 имеем

$$P_5^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} P_5(k) = \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)P_5(z) = \frac{pp_d}{1 - p + 2pp_d - p_d}, \#(17)$$

3) Для состояния a_2 имеем

$$P_2^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} P_2(k) = \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)P_2(z) = 0 \#(18)$$

Легко рассчитать, что в случае $p = 0$ (т.е., когда оператор не совершает ошибки при вводе знака) или при $p_d = 0$ (т.е., когда решение оператора по удалению/неудалению знака верно), имеем $P_4^\infty = 1$ и $P_5^\infty = 1$.

Для расчёта $P_4(k)$, $P_5(k)$ и $P_2(k)$ используем обратное z-преобразование для выбранных компонент вектора $P(z)$. Для данного преобразования $P_4(z)$, имеем

$$P_4(z) = D_1(z) \frac{z}{z - z_1} + B_1 \frac{z}{z - z_2} + U_1 \frac{z}{z - z_3}, \#(19)$$

где:

$$D_1 = \frac{p_{14}(1 - p_c)}{(z_2 - 1)(z_3 - 1)}, B_1 = \frac{p_{14}(z_2 - p_c)}{(z_2 - 1)(z_2 - z_3)},$$

$$U_1 = \frac{p_{14}(p_c - z_3)}{(z_3 - 1)(z_2 - z_3)},$$

$$z_1 = 1, z_2 = \frac{p_c + \sqrt{p_c^2 + 4\delta}}{2}, z_3 = \frac{p_c - \sqrt{p_c^2 + 4\delta}}{2},$$

$$\delta = (1 - p_c)(p_{12} + p_{13})$$

p_{12}, p_{13}, p_{14} аналогично (14).

Теперь, используя обратное z-преобразование для $P_4(z)$ получаем

$$P_4(k) = D_1 + B_1 z_2^k + U_1 z_3^k. \#(20)$$

Аналогичные преобразования для $P_5(z)$:

$$P_5(z) = D_2(z) \frac{z}{z - z_1} + B_2 \frac{z}{z - z_2} + U_2 \frac{z}{z - z_3}, \#(21)$$

где

$$D_1 = \frac{p_{15}(1 - p_c)}{(z_2 - 1)(z_3 - 1)}, B_1 = \frac{p_{15}(z_2 - p_c)}{(z_2 - 1)(z_2 - z_3)},$$

$$U_1 = \frac{p_{15}(p_c - z_3)}{(z_3 - 1)(z_2 - z_3)}$$

Обратное z-преобразование для $P_5(z)$:

$$P_5(k) = D_2 + B_2 z_2^k + U_2 z_3^k. \#(22)$$

Преобразуя $P_2(k)$, приходим к

$$P_2(z) = B_3 \frac{z}{z - z_2} + U_3 \frac{p_{12}}{z_3 - z_2}, \#(23)$$

где

$$B_3 = \frac{p_{12}}{z_2 - z_3}, U_3 = \frac{p_{12}}{z_3 - z_2}$$

Используя обратное z-преобразование на $P_2(z)$, получаем

$$P_2(k) = B_3 z_2^k + U_3 z_3^k. \#(24)$$

Эффективность применения марковских цепей для моделирования операторской деятельности

Произведём расчёт вероятности достижения корректного состояния оператором спустя определенное количество шагов (для состояний a_4 и a_5) согласно формулам (15)–(23). Диапазон значений для $p_d \in [0, 0.5]$, для $p = p_c \in [0.005, 0.15]$.

Достижение состояния P_4 , как следует из формулы (20), будет зависеть от вероятностей, что ЧО ввёл символ некорректно (p) или стёр символ ошибочно (p_c). Чем меньше установлены данные параметры ЧО, тем выше окажется вероятность, что ЧО ввёл символ корректно (вероятность P_4). Также, согласно формуле (20), предполагается, что P_4 зависит обратным образом от вероятности того, что решение ЧО неверно (p_d), и зависит напрямую от количества шагов в процессе СЧМ.

Согласно формуле (22), вероятность $P_5(k)$, что ЧО совершил ошибку при вводе символа или принял неверное решение после его ввода, должна возрастать при увеличении вероятности p_d (решение ЧО неверно).

Подтверждение данных выводов следует из графиков на рис. 4: влияние вероятности ошибочного решения p_d на вероятность достижения состояния правиль-

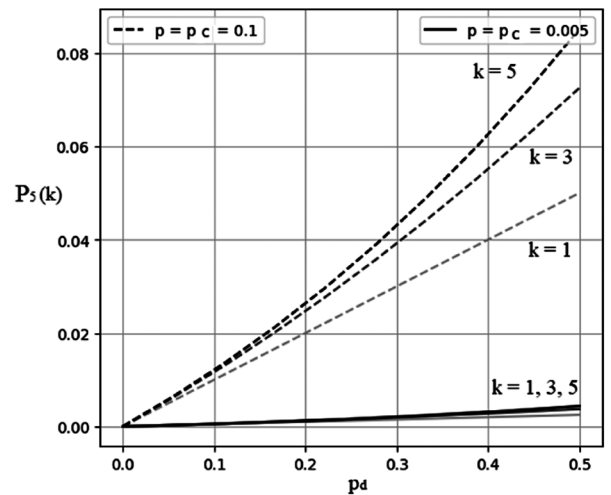
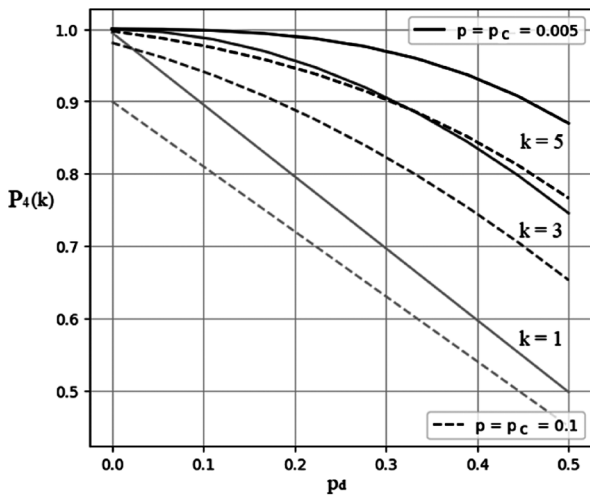


Рис. 4. Вероятность достижения корректного состояния $P_4(k)$ (слева) и $P_5(k)$ (справа) в зависимости от p_d . Зависимости взяты для случаев $p = p_c = 0.005$ (непрерывная линия) и $p = p_c = 0.1$ (штриховая линия). Количество этапов в процессе СЧМ: $k = 1$ (светло-серый цвет), $k = 3$ (серый цвет), $k = 5$ (тёмно-серый цвет)

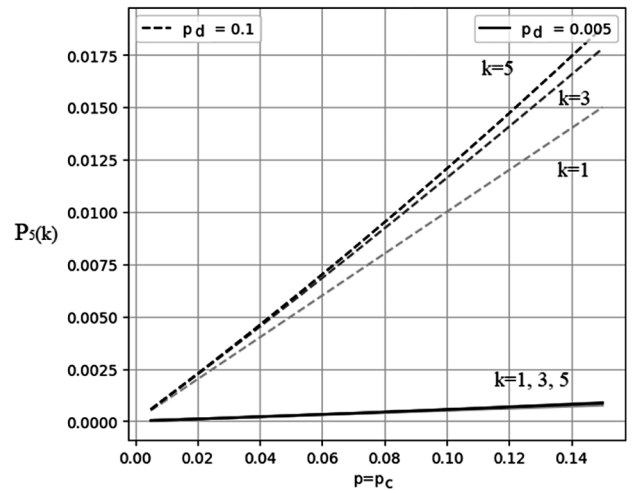
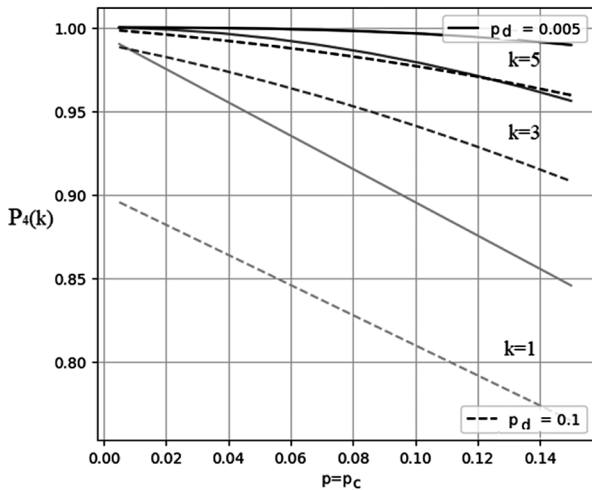


Рис. 5. Вероятность достижения корректного состояния $P_4(k)$ (слева) и $P_5(k)$ (справа) при одновременном изменении p, p_c . Зависимости взяты для случаев $p_d = 0.005$ (непрерывная линия) и $p_d = 0.1$ (штриховая линия). Количество этапов в процессе СЧМ: $k = 1$ (светло-серый цвет), $k = 3$ (серый цвет), $k = 5$ (тёмно-серый цвет)

ного ввода знака $P_4(k)$ весьма существенно — при $p_d = 0.5P_4(k)$ достигает минимального значения. При этом с увеличением числа шагов k в процессе ($k = 1, 3, 5$), различия в $P_4(k)$ уменьшаются.

Большее количество шагов означает большую вероятность того, что символ введен правильно. Это связано с тем, что ЧО имеет возможность удалить введенный символ (независимо от верности введенного знака) и изменить своё исходное решение. В случае $k = 2$ график опущен, так как состояние a_4 не может быть достигнуто за два шага. Для $k = 4$ график расположен между графиками при $k = 3$ и $k = 5$ (опущен для большей ясности).

Аналогично, относительное увеличение $P_5(k)$ при изменении p_d (рис. 4) значительно, но различия, связанные с разным числом шагов, не слишком велики.

При этом при большом изменении p_d увеличение вероятностей p и p_c вызывает значительное увеличение вероятности ложного покоя $P_5(k)$. Достижение состояния a_5 означает, что оператор не обнаружил своей ошибки при вводе информации (а она была).

Теперь рассмотрим ранее уже представленные зависимости в случае фиксированной вероятности p_d и изменяющихся $p = p_c$.

Вероятность $P_4(k)$ достижения состояния правильного ввода знака (см. рис. 5) существенно меняется при изменении вероятностей p и p_c , но по-разному, в зависимости от числа шагов k . Диапазон изменчивости $P_4(k)$ при изменении p_d такой же, как и в случае изменчивости $P_4(k)$ при изменении p и p_c — это следует из вероятности перехода между состояниями a_1 и a_4 (см. уравнение (15)).

Вероятность $P_5(k)$ достижения состояния ложного ввода увеличивается вместе с p и p_c .

Из представленных графиков можно сделать вывод, что наилучшим результатом для достижения состояния $P_4(k)$ (благоприятного и для ЧО, и для СЧМ) является система с максимальным количеством шагов и минимальной вероятностью неправильного ввода или удаления символа ЧО. Для рассмотренных случаев количество шагов $k = 5$ и вероятность ошибки $p = p_c = 0.005$.

Заключение

Была представлена модель оценки качества вводимой человеком-оператором информации в СЧМ на основе марковских цепей. Благодаря этой модели удалось установить взаимосвязь между количеством шагов процесса в СЧМ и вероятностью ошибки оператора при вводе символа, а также рассчитать оптимальные значения данных параметров. Расчетная вероятность того, что ЧО совершит ошибку при вводе информации, является одной из основных оценок качества системы. Это имеет особое значение в случае систем реального времени, где одним из основных параметров является правильность ввода команд оператором.

Применение данной модели для оценки качества ввода информации (для большего числа операций) и расширение модели на задачи, выполняемые технической частью системы, позволяют лучше учитывать реальные условия работы ЧО в СЧМ. При этом представленная модель не учитывает всех условий деятельности оператора. Помимо этого, проблемой является сложность аналитического расчета качественных характеристик процесса ввода команд.

Представленную модель расчета вероятности того, что процесс достигнет состояния ввода ЧО правильной команды на основе марковских цепей можно использовать для введения иных качественных характеристик процесса ввода команд оператором, например, времени вознаграждения, полученного процессом ввода знака после k шагов. Также возможно применение данной модели для оценки качества других процессов, в которых присутствует последовательное выполнение действий и необходимо оценить вероятность достижения определенного состояния. Однако следует помнить, что модель имеет свои ограничения и не может учитывать все факторы, влияющие на процесс ввода информации в СЧМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бубницки З. Основы управления компьютерными системами [на польском языке], Типография Вроцлавского технологического университета, Вроцлав. 1993. С. 21–31.
2. Горячкин Б.С., Харлашкин А.И. Автоматизированная система эффективного взаимодействия человеческой и машинной компоненты на основе актуализированной классификации типов ошибок человека-оператора // Динамика сложных систем-XXI век. — 2019. — Т. 13. — №. 5. — С. 19–29.
3. Горячкин Б.С., Мышенков К.С., Харлашкин А.И. Анализ методов концептуального проектирования автоматизированных информационных систем // Динамика сложных систем-XXI век. — 2020. — Т. 14. — №. 3. — С. 23–34.
4. Качабуз, П.К. Моделирование и симуляция поведения человека в системах управления. Издательство Springer Verlag, Лондон. 1998. С. 63–66.
5. Дхиллон, Б.С. Надежность человека с учетом человеческих факторов. Издательство Pergamon Press, Нью-Йорк. 1986. С. 27–46.
6. Хопкин, В.Д. Проблемы интерфейса человек-машина в проектировании систем управления воздушным трафиком. Сборник докладов IEEE, том 77 (11). 1989. С. 1634–1642.
7. Донигович, А.М. Моделирование взаимодействия человека и компьютера. Проблемы оценки качества и надежности. Институт автоматизации и робототехники МУТ, Варшава. 2022. С. 10–15.
8. Ракицкий, В.Н., Березняк, И.В., Ильницкая, А.В. Модель оценки риска условий работы с использованием пестицидов: результаты и развитие. Журнал «Гигиена и санитария». 2016. В. 95. № 11. С. 1041–1044.
9. Петунин, Ю.И. Применение теории случайных процессов в биологии и медицине. Киев: Наукова думка. 1981. С. 37–47.
10. Ховард, Р.А. Динамическое программирование и марковские процессы. Издательство John Wiley & Sons, Лондон, 1960. С. 3–12.

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Петренко Александр Сергеевич (ipax.fouls00@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАТОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ВЕБ ПРИЛОЖЕНИЯ

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT IMAGE FORMATS IN THE CONTEXT OF A WEB APPLICATION

**B. Goryachkin
D. Mozhaev
A. Andrianov**

Summary: The article is devoted to the issues of converting images into the most economical in size and high-quality formats for the human eye. The formats are compared in terms of the compression ratio and the quality of the resulting image for the human eye, which makes it much easier to choose one or another image format for solving applied problems. An experiment was conducted to compress and evaluate the quality of the most popular types of images among users on the Internet. The analysis of situations when it is worth using one or another image format is carried out.

Keywords. Format, image, image optimization, image compression, image quality, image download speed.

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru

Можаев Дмитрий Владимирович

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
mdv413@mail.ru

Андреанов Алексей Александрович

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

Аннотация. Статья посвящена вопросам перевода изображения в максимально экономные по размеру и качественные для человеческого глаза форматы. Проведено сравнение форматов по степени сжатия и качеству получившегося изображения для человеческого глаза, что позволяет намного проще выбирать тот или иной формат изображения для решения прикладных задач. Проведен эксперимент по сжатию и оценке качества наиболее популярных типов изображений у пользователей в интернете. Проведен анализ ситуаций, когда стоит использовать тот или иной формат изображения.

Ключевые слова. Формат, изображение, оптимизация изображения, сжатие изображения, качество изображения, скорость загрузки изображения.

Введение

При создании приложений с подгрузкой большого количества графической информации возникает проблема: как сэкономить место на сервере хранения данных и быстро отдавать изображение клиенту. Для решения данной задачи каждый раз проводят ряд экспериментов и стараются подобрать универсальный вариант решения данного вопроса. В данной статье были рассмотрены основные графические форматы и проведено сравнение, которое позволит решить этот вопрос в качестве инструкций к различным форматам — когда их надо применять с/без сжатия и с/без потерь.

Предлагаемая в статье система позволит сэкономить время и деньги команде разработки нагруженных приложений.

Специфические особенности графических форматов

Для начала необходимо обозначить основные особенности сравниваемых форматов: JPEG, WEBP, AVIF.

— JPEG

JPEG — или же Joint Photographic Experts Group это одноименное название организации и формата файлов,

созданном в 1982 и усовершенствующем по его использованию. JPEG подразумевает возможность сжатия с и без потерь.

JPEG эффективно сжимает фото и изображения с реалистичными сценами и плавными переходами цветов. Он широко используется в цифровой фотографии и для передачи изображений через интернет.

Для сжатия чертежей, текстов и графики с резким контрастом JPEG с потерями не подходит из-за артефактов. Вместо этого стоит использовать форматы без потерь, как JPEG-LS, TIFF, GIF, PNG или Lossless JPEG.

JPEG (как и другие форматы сжатия с потерями) не подходит для сжатия изображений при многоэтапной обработке, так как искажения в изображения будут вноситься каждый раз при сохранении промежуточных результатов обработки.

JPEG не должен использоваться и в тех случаях, когда недопустимы даже минимальные потери, например при сжатии астрономических или медицинских изображений. В таких случаях может быть рекомендован предусмотренный стандартом JPEG режим сжатия Lossless JPEG (который, однако, не поддерживается большинством популярных кодеков) или стандарт сжатия JPEG-LS.

Этапы сжатия

Шаги процесса превращения картинки в формат JPEG включают семь основных этапов. В первом этапе происходит цветовая субдискретизация, где формат изображения RGB преобразуется в YCbCr, что позволяет сократить размерность изображения за счет изменения восприятия его цветовой составляющей. Далее следует дискретизация изображения, которая усредняет компоненты яркости Y у соседних пикселей для уменьшения размерности. На третьем этапе применяется дискретное косинусное преобразование, которое находит паттерны в изображении по формуле Фурье, выраженные в виде паттернов, подобных тем, что изображены на рисунке 1.

После этого изображение кодируется данными волновых рисунков, происходит «Зигзар» сканирование для удаления высоких частот и квантование для усреднения результатов. Затем происходит групповое кодирование цельных участков изображения и применение алгоритма Хаффма для сжатия однотипных данных в изображении. Полный путь преобразования изображения представлен на рисунке 2, а обратный путь преобразования — это прохождение всех этапов в обратном направлении.

— WEBP

WebP — сравнительно новый формат от Google. Картинки в этом формате занимают на 30% меньше места на странице благодаря особому сжатию, построенному на кодировании ключевых кадров в видеокодеке VP8.

Как устроено сжатие в WebP

Сжатие с потерями основано на сходстве соседних пикселей по яркости и цвету. Изображение делится на макроблоки, где декодер предсказывает яркость и цвет следующего пикселя на основе предыдущих. Предсказуемые данные исключаются, улучшая сжатие. Затем результат обрабатывается с помощью ДКП, квантования и энтропийного кодирования.

— Lossy WebP

Lossy WebP применяет арифметическое кодирование для энтропийного сжатия. WebP адаптивно распределяет биты между фрагментами изображения, что гибче, чем код Хаффмана в JPEG. WebP умно делит изображение на блоки 4x4 и 16x16 пикселей, в зависимости от деталей и монотонности и далее кодирует именно такие схожие части.

Как происходит прогнозирование

Декодер VP8 имеет 2 класса прогнозирования:

- Intra — внутрикадровое пространственное предсказание блока на основе значений пикселей из соседних, уже закодированных блоков, слева и сверху.
- Inter — межкадровое временное предсказание (оценка векторов движения).

Intra имеет четыре алгоритма прогнозирования для блоков 16x16 и 8 для детализирующих блоков 4 x 4:

- H_PRED горизонтальное прогнозирование. Заливает следующую колонку на основе той, что находится слева от нее.
- V_PRED вертикальное прогнозирование работает аналогично H_PRED, но в вертикальном направлении. Он заполняет следующий ряд блока, используя информацию из верхнего ряда.
- DC_PRED заполняет блок, используя усредненные значения цвета и яркости пикселей соседних строк и колонок.
- TM_PRED учитывает усредненные значения строки A и колонки L, а также пиксель P, который находится сверху и слева от блока. Алгоритм начинает с пикселя в колонке L и заполняет каждую строку блока, учитывая различия между пикселями в колонке, начиная от пикселя P. Это позволяет более точно прогнозировать значения пикселей на основе соседних элементов.

Изображение разбивается на сегменты, которые имеют явно схожие характеристики. Для каждого такого сег-

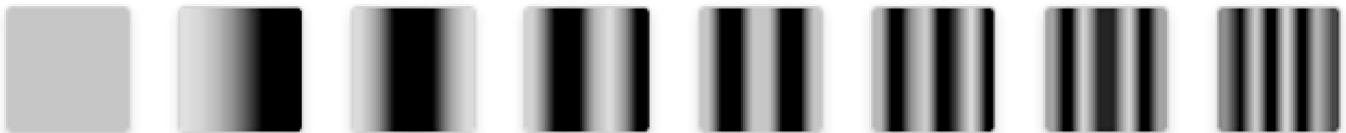


Рис. 1. Паттерны изображения разложенного по формуле Фурье



Рис. 2. Алгоритм превращения изображение в JPEG формат

мента параметры сжатия и способы прогнозирования настраиваются независимо. Таким образом биты перераспределяются туда, где они наиболее полезны.

Сжатие без потерь

При сжатии без потерь используется вариант алгоритма LZ77— кода Хаффмана. А также пространственное прогнозирование и преобразование цветового пространства.

Сжатие с альфа-каналом

Формат WebP позволяет получить сжатую картинку с альфа-каналом без потерь. Раньше, чтобы получить прозрачность все изображение должно было быть lossless. А в WebP можно уменьшить вес картинки с прозрачными областями.

Цветовое преобразование

Также в WebP используется методы адаптивного квантования цветовой составляющей, чтобы предотвратить влияние цветových каналов друг на друга. Изображение делится на блоки и для каждого блока применяется свой режим трансформации green_to_red, green_to_blue или red_to_blue. Цветовое преобразование сохраняет неизменным значение зеленого канала G, преобразует красный R в зависимости от зеленого, и синий B в зависимости от зеленого, а затем в зависимости от красного.

Цветовое кеширование

Сжатие lossless WebP использует уже обработанные фрагменты изображения для работы с новыми пикселями. В случае если подходящие совпадения не найдены, используется локально созданная палитра. Эта палитра постоянно обновляется цветами, найденными при сканировании картинки.

Индексирование палитры

Если в картинке используется менее 256 цветов, алгоритм создает отдельный массив индексов цветов и сохраняет его отдельно, чтобы подменить значение цвета на индекс для каждого пикселя.

Для картинок с небольшим количеством мелких деталей используется технология апскейлинга. Прежде чем кодироваться — изображение ресайзится.

— AVIF

AVIF является новым форматом хранения изображений, основанным на видеокодеке AV1, и считается одним из самых современных форматов. По ранним публикациям и исследованиям, AVIF показал достойные результаты

по сравнению с JPEG и WebP. Однако, несмотря на то, что этот формат уже поддерживается большинством браузеров, кодирование и декодирование изображений в AVIF все еще является передовой технологией, которая имеет некоторые проблемы. Формат кодирует изображение в формате YCbCr или YUV, аналогично форматам WebP и JPEG, что позволяет сократить размер исходного файла. Однако, AVIF использует более современные алгоритмы и динамически переключается между ними в зависимости от типа изображения и его характеристик.

	JPEG	VP8(WEBP)	AV1(AVIF)
Блоки	8x8	гибко от 4x4 до 16x16	гибко от 4x4 до 128x128
Фильтры	-	Deblocking	Deblocking + CDEF + ещё 2
Предсказатель	-	DC/directional (V + H)/TM	DC/directional (56 directions)/Path / Smooth/CfL/IBC
Преобразователь	DCT	DCT/WHT	DCT/ADST/FlipADST/DTX
Сжатие без потерь	Хаффман	Булевский арифметический кодировщик	Многосимвольное энтропийное кодирование
Квантование	Две таблицы	Гибко	Гибко

Рис. 3. Сравнительная таблица различных типов изображений и их особенностей

Как видно, из таблицы на рисунке 3 AVIF по сравнению с WEBP использует чуть больший набор инструментов сокращения размера файла как:

1. Увеличенное динамическое разбиение чанков с 4x4 — 16x16 до 4x4 — 128–128. Что позволяет уменьшать размерность одинаковых кусочков изображений.
2. Улучшенные алгоритмы фильтрации для улучшения видео. Так как три алгоритма идеально сочетаются друг с другом, получится значительное улучшение именно визуального качества без потерь в размерах.
3. Увеличенное количество направлений предсказания пикселей до 56 направлений.
4. Функция трансформации использует по мимо DST, отображающее самый насыщенный свет также и его улучшенные версии, что позволяет сократить объем файла.

Благодаря этим свойствам AVIF уже теоретически должен выдавать картинку меньшего размера с немного лучшим качеством, чем JPEG и WEBP.

Классификация типов изображений

Для сравнения форматов изображений необходимо выбрать изображения, которые с большей вероятно-

стью будут использоваться в пользовательском приложении. Для этого были взят список частотных изображений из списка российской поисковой системы Яндекс. По данным Яндекса¹, из миллиардов запросов, которые они обрабатывают каждый день можно выделить 15 типов частотных запросов их пользователей: фото, картинки, рисунки, обои, карты, схемы, раскраски, фоны, таблицы, открытки, дизайн, картины, татуировки, стиль, образцы.

Каждый из запросов для понимания тенденций сжатия для различных классов изображений можно классифицировать по категориям: Буквенно-цифровой тип изображений, графическое изображение, смешанное изображение. Для дальнейшего анализа изображения можно классифицировать следящим образом (табл. 1).

Таблица 1.

Разбиение типов картинок по классам отображаемой информации

Буквенно-цифровое	Таблицы, Образцы
Графическое	Рисунки, Раскраски, Фоны, Дизайн, Картины, Стиль
Смешанное	Фото, Картинки, Обои, Карты, Схемы, Открытки, Татуировки

Оценка погрешности при сжатии изображений с/без потерь и с/без сжатия

Независимо от использования сжатия или алгоритма потерь можно сравнить исходное изображение с сжатым или отсутствием такового по парам пикселей при условии идентичности размерности изображения. Для данного сравнения были использованы специально разработанные для данных задач общие алгоритмы сравнения: SSIM и UQI.

— SSIM

SSIM представляет собой метод оценки сходства между двумя изображениями. Индекс SSIM — это подход полного сопоставления, то есть он оценивает качество, основываясь на исходном изображении (несжатом или без искажений). Индекс SSIM является улучшением традиционных подходов, таких как PSNR (peak signal-to-noise ratio) и метод среднеквадратической ошибки (MSE), которые оказались несовместимы с физиологией человеческого восприятия.

Основным отличием метода от ранее упомянутых (MSE и PSNR) является то, что метод учитывает «восприятие ошибки» благодаря учету структурных изменений информации. Концепция заключается в том, что пиксели имеют сильную корреляцию, особенно когда они близки в пространстве. Такие зависимости содержат важную информацию об объектах и сцене в целом.

— UQI

Метрика определяет насколько сжатое изображение похоже на исходное, учитывая тип и степень искажения. Оценка универсальна, так как показывает сходство сжатого изображения с оригиналом, учитывая различные виды искажений. Значение UQI не зависит от особенностей изображения и его искажений. Оценка находится в диапазоне $[-1, 1]$, где $UQI = 1$ означает наилучшее качество сигнала (табл. 2).

Таблица 2.

Первичное сравнение форматов

Формат	Процент поддержки клиентскими браузерами	Возможность оптимизации загрузки	Тип сжатия
JPEG 2000	18,4%	Да	С потерями
WEBP	97,41%	Да	Бес/с потерями
AVIF	82,64%	Нет	Бес/с потерями

Данные в таблице 2 позволяют оценить, что не смотря на достаточно старость формата JPEG поддерживают его не все браузеры. Данные для таблицы были взяты с сайта для оценки совместимостей различных функций в браузерах <https://caniuse.com/?search=JPEG>.

Экспериментальное исследование разных алгоритмов сжатия графических форматов

Для преобразования картинок используется сервис <https://squoosh.app/editor>.

Так как оригиналы изображений изначально были взяты в формате JPEG, поэтому для сравнения с оригиналом для JPEG используется потеря 25 % качества (коэффициент 0.75 в сервисе сравнения в формате Browser JPEG). Для WEBP потери так же составляют 25 %, а для AVIF из-за ограничения размерности шкалы сжатия потери измеряются в 25 % с коэффициентом качества в <https://squoosh.app/> 0.5, а также с 0.3 из-за возможностей формата лучше сохранять качество при большем уменьшении качества картинки.

Сравнение изображений

На рисунках 4, 5, 6 представлены данные после проведения эксперимента — преобразования картинок в заданный формат и с определенным сжатием, а также после определения их отклонения от изначальной картинки с помощью методов измерения схожести SSIM и UQI.

Оценка полученных результатов

Для анализа полученных данных можно воспользоваться следующими методами:

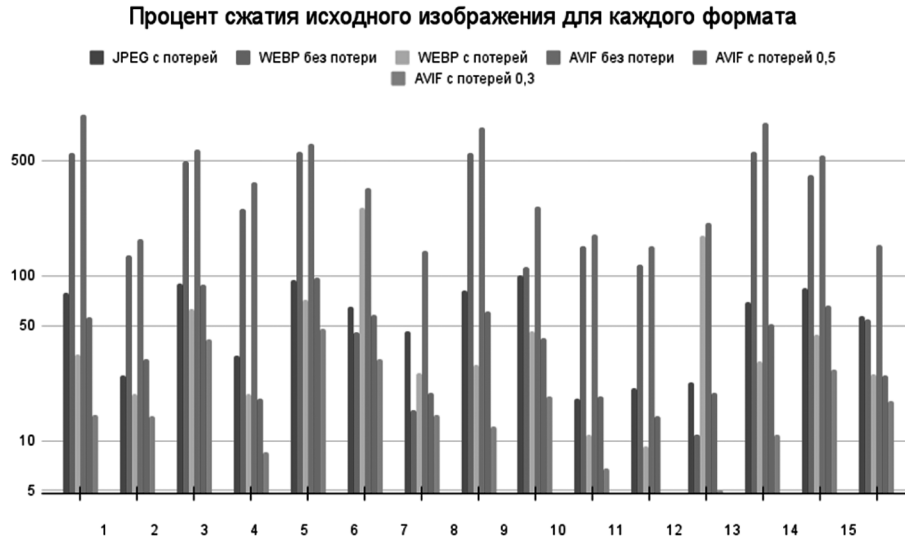


Рис. 4. Процент сжатия исходного изображения для каждого формата

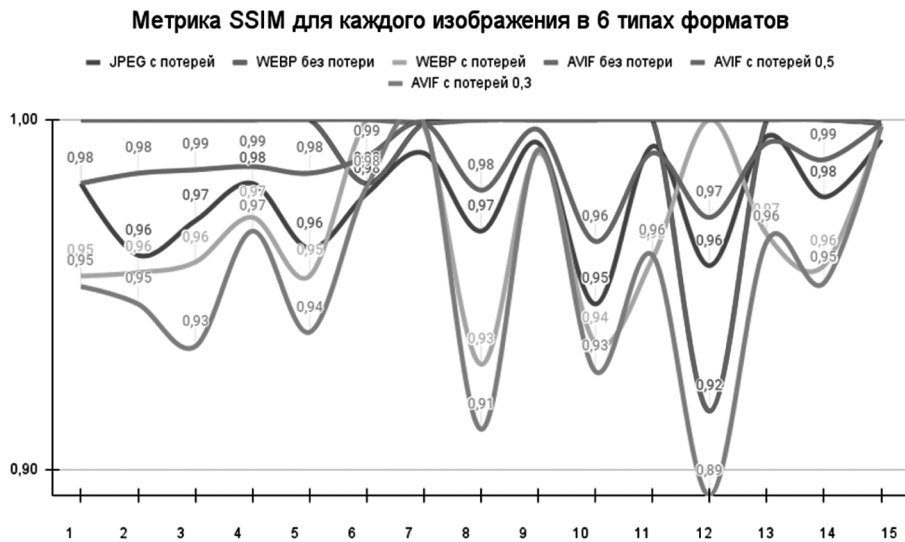


Рис. 5. Метрика SSIM для каждого изображения в 6 типах форматов

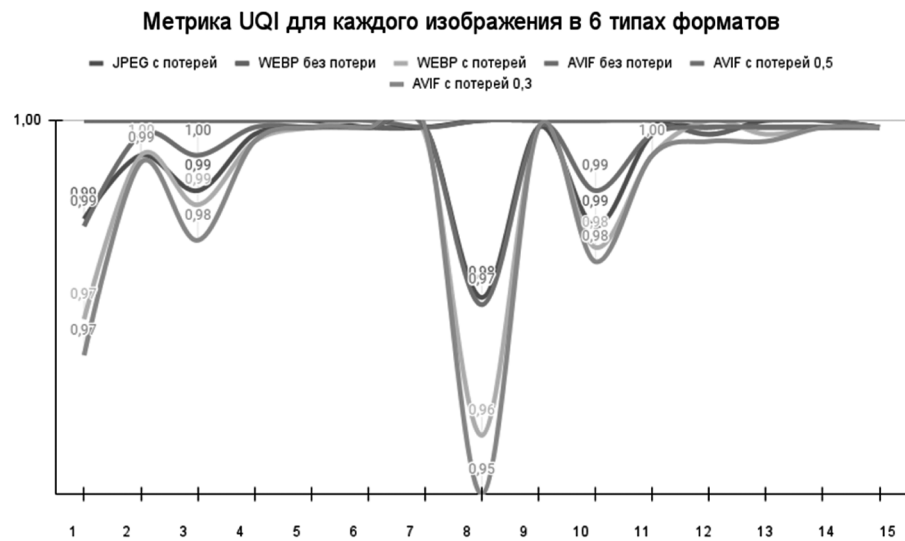


Рис. 6. Метрика UQI для каждого изображения в 6 типах форматов

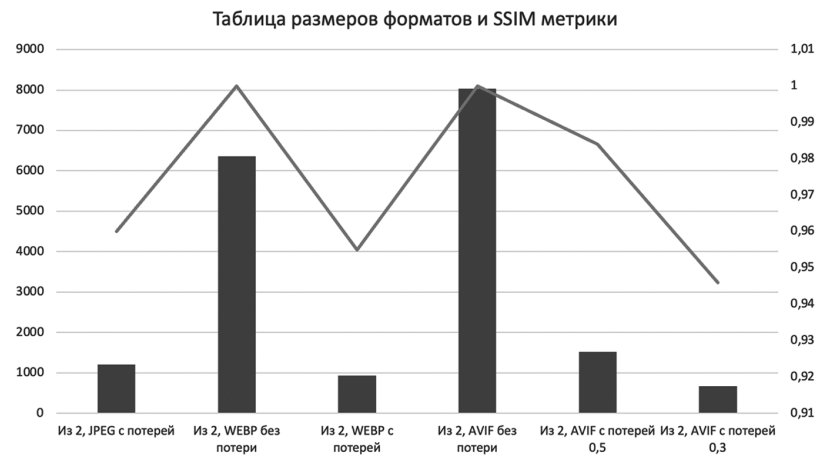


Рис. 7. Таблица размеров форматов и SSIM метрики

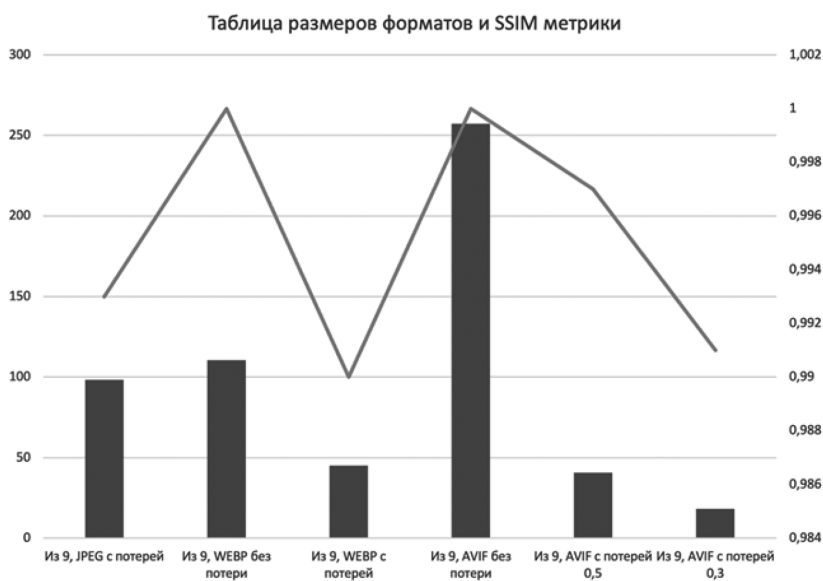


Рис. 8. График сравнения изображения из буквенно-цифрового класса



Рис. 9. График сравнения изображения из графического класса

1. Численным с помощью метрик и степени сжатия
2. Сравнение визуальных неточностей

Анализ с помощью метрик и степеней сжатия

Для второго изображения таблицы форматов, относящегося к классу смешанных изображений, выведем график зависимости сжатия и метрики SSIM в зависимости от формата данных (рис. 7).

Как видно из изображения самую лучший уровень сжатия показывает именно «AVIF с потерей 0,3», и качественная метрика у него хотя не очень высокая, но позволяет передать основные элементы изображения.

Для поиска взаимосвязи между классом изображения и его степень сжатия/качеством с исходным изображением также было проведено сравнение для изображения из буквенно-цифрового класса и графического.

Для девятого изображения — таблицы, относящиеся к классу буквенно-цифровых изображений, был получен график представленное на рисунке 8.

Для восьмой картинки — фоны, относящиеся к графическому классу графических изображений, был получен график представленное на рисунке 9.

Как видно из рисунков 7, 8 и 9 корреляции между разными классами изображения и отклонениями в определенном типе изображения метрик схожести не наблюдается. Однако, видна явная взаимосвязь между типом изображения, тем насколько сильно может пережать его определенный формат и метрикой качества.

Так наблюдается тенденция чем больше изображение наполнено графическим разнообразием — ближе к чисто графическому изображению, тем ниже степень качества получается на выходе после изменения формата, а чем ближе к четкой структуре — буквенно-цифрному изображению, тем лучше оно пережимается и уровень сходства с изначальным изображением выше. Лидером по степени сжатия к размеру изображения является формат AVIF с максимальными потерями, что представлено на рисунке 10.

Для построения графиков на рисунке 10 была использована следующая формула позволяющая увидеть визуально взаимосвязь потерь и качества рисунка:

$$\text{Взаимосвязь} = \frac{SSIM}{\% \text{сжатия}}$$

Из графика можно сделать вывод, что буквенно-цифровая и смешанная информация пережимается с учетом сохранения качества, чем чисто графическая информация и для случаев, когда важен именно размер изображения и его внешний вид в меньшей степени лучше использовать формат AVIF с потерями 0,3.

Визуальное сравнение

Для более точного сравнения форматов также было проведено и визуальное сравнение изображений, что представлено ниже (рис. 11–13).

Если сравнивать 3 формата с потерями AVIF 0.3, JPEG, WEBP, то можно заметить, что:

- AVIF: размывает узоры облаков, делая их мутными;
- JPEG: отображает узоры облаков, но теряет точки бликов. Это связано с алгоритмом дискретизации самого формата;



Рис. 10. Степень сжатия в зависимости от качества



Рис. 11. Фрагмент изображения 2 в формате AVIF



Рис. 12. Фрагмент изображения 2 в формате JPEG



Рис. 13. Фрагмент изображения 2 в формате WEBP

— WEBP: максимально качественно передаёт текстуру изображения вместе с бликами.

Также при рассмотрении самого тяжелого изображения — восьмого в разных форматах на предмет визуальных неточностей в формате AVIF опять наблюдается значительное размытие текстур изображения, в JPEG потеря некоторых четких границ текстур. Поэтому считаю, что в данном эксперименте не смотря на степень сжатия лучше всего себя показывает именно формат WEBP.

Заключение

В результате анализа, сделанного в данной статье можно сделать вывод, что для того, чтобы отобразить изображения, где необходимо сохранить качество,

но значительно сжать изображение идеально подойдет формат WEBP с потерями. А для случаев, где допустимы большие потери, но важно именно наличие картинки, например предпросмотр картинки, можно эффективно использовать AVIF. Благодаря функциям браузеров можно комбинировать полезные свойства всех изображений и при, допустим, недоступности AVIF подгрузить WEBP или JPG, что значительно улучшит опыт взаимодействия с целевым интернет ресурсом.

Экономия при данном виде оптимизаций может быть полезна сервисам, завязанным на отображение большого кол-ва изображений или имеющим CDN, чтобы сократить оплату межсерверного трафика и сэкономить на плате за серверные услуги.

ЛИТЕРАТУРА

1. THE INTERNATIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE CONSULTATIVE COMMITTEE «INFORMATION TECHNOLOGY — DIGITAL COMPRESSION AND CODING OF CONTINUOUS-TONE STILL IMAGES — REQUIREMENTS AND GUIDELINES» от 01.09.1992 № Recommendation T.81.
2. Nabajeet Barman, Maria G Martini Kingston An Evaluation of the Next-Generation Image Coding Standard AVIF // IEEE. — 2020.
3. Частотные картинки сети интернет // Яндекс URL: <https://yandex.ru/company/researches/2018/images> (дата обращения: 10.11.2022).
4. Описание работы формата WEBP // Google URL: <https://developers.google.com/speed/webp/docs/compression> (дата обращения: 10.11.2022).
5. Описание работы формата WEBP // Habr URL: <https://habr.com/ru/company/io/blog/261651/> (дата обращения: 10.11.2022).
6. Особенности формата AVIF // Habr URL: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/534110/> (дата обращения: 10.11.2022).
7. Работа AVIF формата под капотом // hacks.mozilla.org URL: <https://hacks.mozilla.org/2018/06/av1-next-generation-video-the-constrained-directional-enhancement-filter/> (дата обращения: 16.12.2022).

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Можяев Дмитрий Владимирович (mdv413@mail.ru);
 Андрианов Алексей Александрович (alks.andrnv@gmail.com).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КОНСИСТЕНТНЫХ И ГИБКИХ ИКОНОК ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

METHODOLOGY FOR CREATING CONSISTENT AND FLEXIBLE ICONS FOR THE USER INTERFACE

V. Grigoriev

Summary: Icons are one of the constituent elements of the user interface of any web product. The effectiveness of using an icon is determined primarily by how quickly a person understands what exactly is hidden behind a given icon, as well as how quickly a person makes associations between an image and functionality. The article «Methods for creating consistent and flexible icons for the user interface» describes the need and benefits of using icons in the interface. This article explores different styles of icons and an approach to their development that takes into account visual design, functionality, and brand compliance. The author's method of creating sets of icons that will look uniform and easily perceived by the user is proposed. This technique will be useful for UI creators, brand developers, and design system designers.

Keywords: icons, creating icons, the need for icons, the benefits of icons, user interface, consistency, flexibility, brand, design, web design, designers.

Григорьев Виталий Вячеславович
Веб-дизайнер, дизайнер интерфейсов,
Индивидуальный предприниматель
kbnfun@gmail.com

Аннотация: Иконки являются одним из составляющих элементов пользовательского интерфейса любого веб-продукта. Эффективность использования иконки определяется в первую очередь тем, как быстро человек понимает, что конкретно скрыто за данной иконкой, а также тем, как быстро человек проводит ассоциации между изображением и функционалом. Статья «Методика создания consistentных и гибких иконок для пользовательского интерфейса» описывает необходимость и преимущества использования иконок в интерфейсе. В статье рассмотрены разные стили иконок и подход к их разработке, который учитывает визуальное оформление, функциональность и соответствие бренду. Предлагается авторская методика создания наборов иконок, которые будут выглядеть единообразно и легко восприниматься пользователем. Эта методика будет полезна для создателей пользовательских интерфейсов, разработчиков брендов и проектировщиков дизайн-систем.

Ключевые слова: иконки, создание иконок, необходимость иконок, преимущества иконок, пользовательский интерфейс, consistentность, гибкость, бренд, дизайн, веб-дизайн, дизайнеры.

Иконка — термин, который используется для обозначения графического знака, служащего в качестве быстрого средства коммуникации. [1] Человек повседневно окружает множество иконок, большая часть из которых знакома широкому обывателю из разных областей. Принято считать, что хорошая иконка есть иконка, над смыслом и предметом обозначения которой человек не задумывается.

На примере бытовой техники можно рассмотреть иконки и прийти к осознанию того, насколько они привычны и интуитивны для рядового пользователя.

На данном примере иконками обозначены режимы работы духового шкафа. Иконки передают смысл каждой функции.

Также хорошим примером являются навигационные указатели в метро города Нью-Йорка, а также в других учреждениях. Графический знак — стрелка служит средством коммуникации для тысячи человек ежедневно.

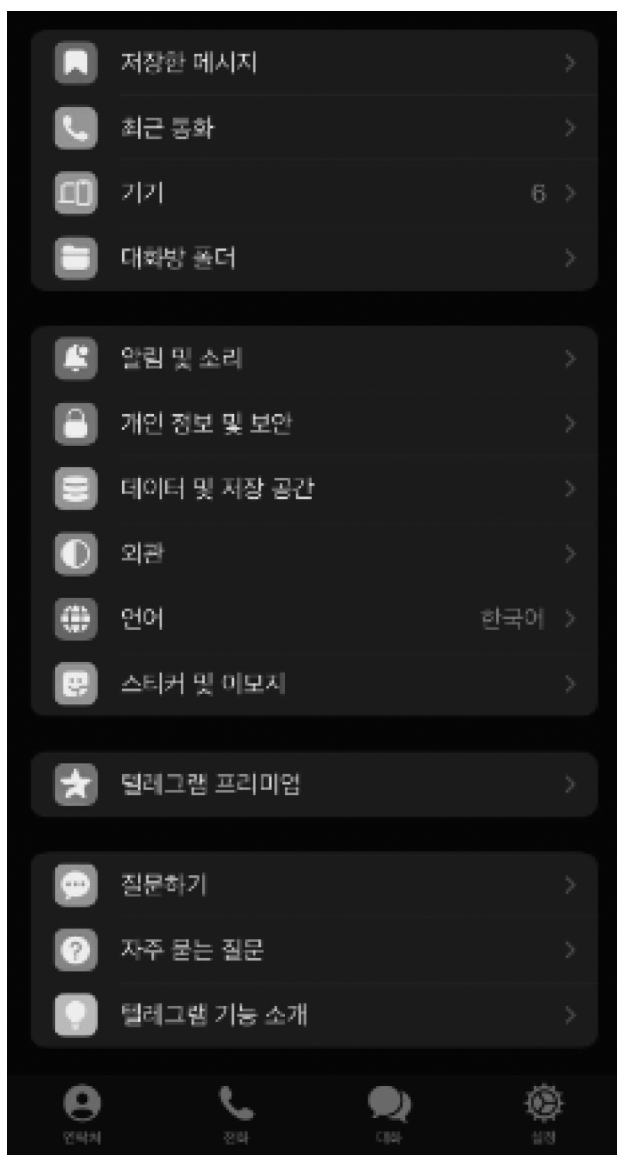


Необходимость иконок и преимущества их использования

Есть несколько причин использования иконок в пользовательском интерфейсе:

- Быстрая передача сути/основной мысли;
- Поддержание общей стилистики дизайна;
- Эстетический аспект;
- Акцентирование внимания на каком-либо элементе или объекте.

Когда в иконке используется какая-либо метафора, не знакомая для рядового обывателя, возникают проблемы с пониманием её смысла, что только отталкивает пользователя от продукта. Поэтому многие производители бытовой техники (и не только) используют унифицированные иконки, которые понятны любому пользователю вне зависимости от культуры, возраста или уровня образования.



приложение Telegram — раздел настройки

В сложных высоконагруженных интерфейсах самостоятельная иконка может быть непонятна. В таком случае лучше правильным решением будет добавление к иконке заголовка. Это является хорошим дополнением интерфейса, в особенности для людей с нарушением зрения. Такие пользователи используют специализированный screen reader, который позволяет распознавать текст, но не распознаёт иконки.

[2] Очень часто компании и разработчики тех или иных продуктов, а также веб-дизайнеры уделяют пристальное внимание аспекту интуитивности. Немедленно возникает вопрос: как понять, что иконка интуитивна?

Для понимания сути вопроса необходимо провести эксперимент. Пользователь может открыть любое приложение на смартфоне и выбрать в настройках язык, которым он не владеет. (данный эксперимент проводится на собственный страх и риск).

Благодаря правильно подобранным иконкам, даже без знания иностранного языка становится ясно, за что отвечает каждый раздел настроек.

К примеру, иконка телефонной трубки даёт понять, что данный раздел связан со звонками, а иконка, изображающая папку, говорит о том, что это является каким-либо хранилищем файлов. Данные ассоциации возникают интуитивно, кроме того, подобные обозначения являются своего рода негласными стандартами, которыми пользуется большинство компаний, связанных с разработкой мобильного ПО или мобильных приложений.

Создание иконок

Первым пунктом процесса создания иконки является подбор метафоры, т. е. подбор символов, для обозначения той или иной функциональности. Для этого необходимо:

- Составить список элементов, для которых требуются иконки;
- Описать их несколькими метафорами, через которые можно передать смысл значения;
- Выбрать более подходящие метафоры для непосредственной специфики приложения и целевой аудитории.

К примеру, необходимо создать иконку для элементов:

- Звонки (**телефонная трубка**, телефонная будка, наборные кнопки телефона);
- Почта (бумажный самолётик, **конверт**, почтовый ящик);
- Заказы (корзина, **кассовый чек**, блокнот).

Стили

Существует 3 базовых стиля иконок: контурные, цельные и комплексные.



Каждый стиль используется для конкретной ситуации, поэтому крайне не рекомендуется смешение нескольких стилей в одном проекте. Кроме того, все иконки должны быть консистентными, т.е. согласовываться друг с другом и не противоречить друг другу.

Частой ошибкой при создании иконок является то, что на проработку деталей затрачивается слишком большое количество времени и ресурсов. Однако, как показывает практика, в этом нет необходимости. [3] Человеческий глаз и человеческое сознание «считывают» лишь общие формы, а детали «дорисовываются» мозгом самостоятельно. Если иконку перегрузить слишком большим количеством деталей, то её восприятие будет нарушено, поскольку зачастую они представлены в небольшом размере.

Методика создания иконок

При создании иконки нужно учитывать три основных аспекта, три основных характеристики, которые нужно соблюдать для достижения максимальной эффективности:

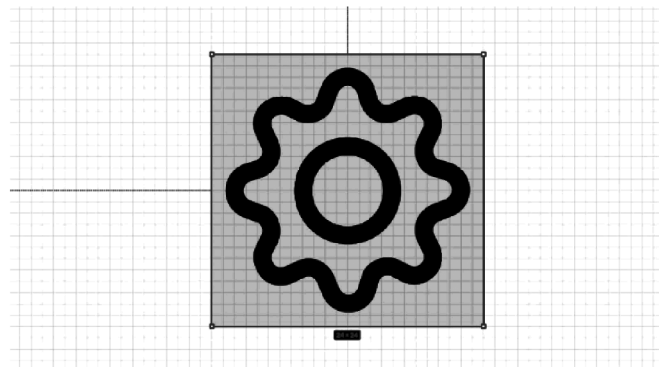
- 1. Последовательность.** Для достижения консистентности необходимо соблюдать одни и те же стилистические правила.
- 2. Уникальность.** Каждый набор иконок имеет свою стилистику и подчёркивает индивидуальность того или иного бренда.
- 3. Гибкость.** Иконка должна быть построена по определенным правилам, которые позволят ей легко адаптироваться под разное окружение.

Технические аспекты создания иконок

Во-первых, качественной считается та иконка, которая имеет некий контейнер в виде рамки, однако края самого рисунка не касаются границ контейнера.

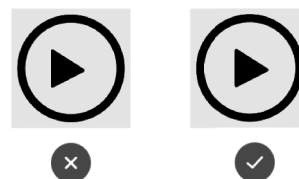
Ширина и высота иконки должны быть кратны используемой модульной сетке. Для десктопных интерфейсов распространена сетка с шагом в 8px. Соответственно,

иконка должна иметь размер 16x16, 24x24, 32x32, 40x40 и т.д. Оптимальным размером считается 24x24.



Выравнивание

Ещё одним важным аспектом является положение элементов иконки по отношению друг к другу или выравнивание элементов, которое позволяет добиться визуального баланса. Не всегда следует полагаться на автоматическое выравнивание, чаще всего лучше довериться оптическому, то есть довериться напрямую человеческому глазу.



Рассмотрим распространённый пример — кнопка play. На левом изображении треугольник находится в центре круга, но за счёт асимметричного веса кажется, что он смещен влево. На правом изображении, треугольник сдвинут на 1px вправо. Тем самым создаётся визуальная симметрия и оптический баланс.

Последовательность

Чтобы все иконки проекта выглядели эстетически одинаково, необходимо использовать одни и те же стилистические приемы.

В качестве примера предлагается рассмотреть набор иконок для непродовольственного интернет-магазина. Здесь используются контурные иконки, с радиальным закруглением прямых углов и одинаковым оптическим весом.

[4] Все представленные иконки отчётливо передают смысл заложенных метафор, кроме того, все они выполнены в одном стиле. Однако, для достижения максимальной эффективности и погружения пользователя, этим иконкам необходимо добавить уникальность. Для



этого необходимо задать определённый вид, который будет отражать специфику сайта и подчеркивать индивидуальность бренда.

Уникальность

Уникальность является неотъемлемой частью любого дизайн-кода. На примере данных иконок создаётся лаконичный набор, который будет положительно дополнять интернет-магазин и подчеркивать его уникальность. Данный результат достигается путём добавления цвета, а также следования определённым трендам потребительского рынка.

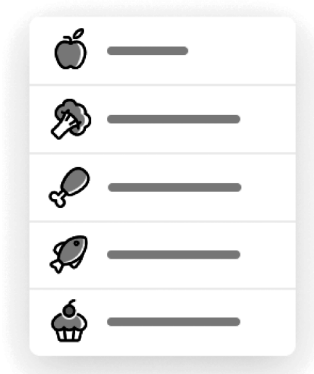
Теперь иконки имеют свой уникальный внешний вид и могут располагаться в интернет-магазине в каче-

стве дополнительного графического элемента в пунктах меню, в карточке товара и т.д.

Гибкость

Для создания иконок рекомендуется использовать крайне популярный инструмент **Pen tool**. Благодаря ему пользователь получает пропорционально масштабируемую иконку, которую можно увеличивать и уменьшать в размере, адаптируя под новые условия окружения без потери графического баланса и качества. То есть, создав определённый стандартный набор иконок, веб-дизайнер имеет возможность многократно использовать их в различных случаях, при этом потери эффективности иконки будут минимальными.





Стоит отметить, что цельная иконка (solid) не имеет таких гибких возможностей и начинает «рассыпаться» при изменении её масштаба.

Заключение

Иконки являются одним из составляющих элементов пользовательского интерфейса любого веб-продукта. Эффективность же иконки определяется в первую очередь тем, как быстро человек понимает, что конкретно

скрыто за данной иконкой, а также тем, как быстро человек проводит ассоциации между изображением и функционалом.

Максимальная эффективность иконки достигается за счёт использования различных методик их создания, а также за счёт учёта желаний целевой аудитории и понимания характеристик, которыми должна обладать иконка, как отдельный элемент дизайна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарретт Джесс. Веб-дизайн. Элементы опыта взаимодействия. — М.: Символ-Плюс, 2020. — 285 с.
2. Сырых Ю.А. Современный веб-дизайн. Настольный и мобильный. — М.: Диалектика, 2019. — 384 с.
3. Павловская Е.Э. Основы дизайна и композиции: современные концепции. — М.: Юрайт, 2020. — 120 с.
4. МакВейд Дж. Графика для бизнеса. / Пер. с англ. — М.: ООО «Кудиц-пресс», 2007. — 208с.

© Григорьев Виталий Вячеславович (kbnfun@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИЕЙ И АБИЛИТАЦИЕЙ ИНВАЛИДОВ И ДЕТЕЙ-ИНВАЛИДОВ В РФ

Ермолатий Денис Александрович
заведующий сектором ИСО,
ФГБУ ФБ МСЭ Минтруда России
denis.yermolatiy@yandex.ru

DEVELOPMENT OF METHODS AND MEANS OF SYSTEM MODELING FOR PROCESSING REGULATORY AND LEGAL INFORMATION IN THE FIELD OF REHABILITATION AND HABILITATION MANAGEMENT OF DISABLED PEOPLE AND DISABLED CHILDREN IN THE RUSSIAN FEDERATION

D. Ermolatiy

Summary: The aim of the study is to provide methodological and practical support to the expert community in the analysis and processing of legal information during the formation, updating and development of legal and regulatory acts in the course of action in the formed working groups. The relevance of the research and work is confirmed by experts in the given field as well as by court statistics. *Methods.* The methods of analysis and processing of legal information created using VBA-scripts based on Microsoft office products are discussed in detail. *Results.* Experimental results of the proposed methods usage are received as well as some methodological and methodical instructions and recommendations for qualitatively new work with legal information are given. *Conclusion.* The proposed tools will contribute to faster and more efficient processing and analysis of legal information and improve the quality of the decisions of the working group in the law-making.

Keywords: system modeling, regulations, scripts, information flow management, machine learning, neural networks.

Аннотация. Целью исследования является методологическое и практическое обеспечение экспертного сообщества при анализе и обработке правовой информации в ходе формирования, актуализации и разработки нормативно-правовых актов в период действия сформированных рабочих групп. *Актуальность исследования* и работ подтверждается как экспертами заданной области, так и судебной статистикой. *Методы.* Подробно рассмотрены методы анализа и обработки юридической информации, созданные с помощью VBA-скриптов на базе продуктов Microsoft office. *Результаты.* Получены экспериментальные результаты использования предложенных методов, а также представлены некоторые методологические и методические указания и рекомендации для построения качественно новой работы с нормативно-правовой информацией. *Вывод.* Предложенные инструменты способствуют более быстрым и эффективным обработке и анализу правовой информации, а также повысит качество принимаемых рабочей группой решений в рамках законотворчества.

Ключевые слова: системное моделирование, нормативно-правовые акты, скрипты, управление информационными потоками, машинное обучение, нейросети.

Введение

Сегодня человечество столкнулось с тем, что объем рабочей информации, которую следует анализировать и структурировать, возрастает в геометрической прогрессии. Повседневное увеличивающийся как объем, так и сложность данных вынуждает применять все больше средств автоматизации, а для улучшения результатов и повышения качества анализа и обработки требуется как проведение междисциплинарных исследований, так и создание специализированных средств. Данная тенденция ярко видна в законодательной сфере, в частности социальной, представленной направлениями медико-социальной экспертизы (далее — МСЭ) и реабилитации и абилитации инвалидов (далее — РиАИ).

Необходимость в повышении эффективности работы и качества законодательных актов подтверждается как экспертами, так и судебной статистикой [1; 3, с. 23].

Основная часть

Правовое обеспечение крайне насыщенное направление деятельности, вызывающая острую необходимость автоматизации процессов анализа и обработки юридической информации для ее своевременной актуализации. И для построения эффективной работы с нормативно-правовыми актами (далее — НПА) требуется определить этапы работы, а также до начала ознакомления определить ключевые цели работ.



Рис. 1. Динамические контурные потоки [5, с. 39]

«Текстовая классификация позволяет сократить время на обработку электронных документов, но также не стоит забывать об особенностях языка, на котором составлены документы» [2, с. 44]. К особенностям языка можно отнести в том числе синонимичные значения конструкций, или обратную ситуацию — похожесть текстовых конструкций при первом обращении, но сильно отличающиеся по смысловому содержанию.

Для проведения классификации и критериальной оценки, о которой будет рассказано далее, следует точно обозначить, как рассматривается работа с юридической информацией.

Поток информации (в нашем случае — правовой) представляет из себя информационный динамический поток (см. рис. 1), обрабатываемый в задаваемом контуре. Контуром может выступать как отдельная группа экспертов (как в случае формирования рабочей и экспертной групп в ходе законотворческой деятельности), так и отдельно взятое предприятие (организация), на базе которой проводится основное исследование и оценка, — на основании таковых принимается управленческое решение.

Управление информационным потоком в практике заданной области схоже с управлением в информационной логистике или логистике технологических инноваций [7, с. 7], где формируются ключевые звенья логистической цепи обработки, анализа и хранения информации, а также создается четкая структура и иерархия исполнителей с фиксацией ответственности и обозначением инструментов и средств обработки и анализа.

«В рамках задачи распознавания текста, написанного на естественном языке, также находится работа с текстовыми шаблонами, содержащими ценную информацию» [6, с. 18], что особенно выделяется на этапе вторичного анализа и составления первичных взаимосвязей между

различными НПА и взаимопоминаниями таковых в содержании юридических документов. Следовательно, шаблон (или в случае нашего опыта — маска) может и должен задаваться для более точного определения результата.

Для определения фигурирующих в выбранном НПА других законов следующим образом задается маска (приведен пример маски для определения федеральных законов):

```
With wrdFind
.Text = («???-ФЗ»)
.MatchWildcards = True
End With
```

Из вышесказанного следует, что требуется определить последовательность действий в рамках управления информационного динамического потока и выделить основные шаги до начала программно-аналитических работ.

При работе с НПА важно провести предварительную подготовку, а именно:

1. Определить цели дальнейших обработки и анализа.

На данном шаге следует определить сущность задачи — будут анализироваться нововведения при замещении НПА, проводится поиск несоответствий среди пары или группы действующих НПА и т.д.

2. Выбрать ключевой НПА для первичного анализа.

При первичном анализе выбирается центральный НПА, содержание которого будет обработано на упоминание и взаимосвязи по задаваемой маске.

3. Сформировать экспертно-аналитическую группу.

Определяются специалисты и эксперты, которые должны дать оценку материалам.

4. Выделить технику с установленным пакетом Microsoft office.

Скрипт на VBA создан для работы на базе пакета программ Microsoft office (Excel и Visio), что облегчает и удешевляет предварительную настройку и позволяет использовать любому аналитику без специальной подготовки.

После проведения нужных согласований при подготовке к программному выполнению вводные данные передаются техническому специалисту (в рамках описанного опыта техническим исполнителем выступает автор как разработчик).

В показанном эксперименте в качестве основного НПА взят 181-ФЗ от 24.11.1995 «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации», как один из основных в заданной предметной области.

В основе своей, скрипт-программа загружает выбранный ФЗ через диалоговое окно, далее получает задаваемую маску и проводит проверку на совпадения, записывая в массив уникальные значения, на основании которого формируется отчетный лист.

Работа скрипта происходит по алгоритму, представленному на рис. 2.

После отработки вышеупомянутого алгоритма, как сказано ранее, пользователь получает специально подготовленный отчет (см. рис. 3), который моделирует систему взаимосвязей НПА. На основе полученного графа можно провести первичный анализ и в дальнейшем провести оценку влияния и конфликтности.

Показанный на рисунке 3 отчет в виде схемы является демонстрацией «верхнего» уровня обработки — на уровне НПА, с детализацией 1 уровня, т.е. разработанный скрипт выстраивает отношения «один-много» только от основного НПА без дальнейшей обработки. При повышении уровня детализации граф взаимосвязей будет разрастаться, позволяя экспертам, аналитикам и юристам проводить более глубокое изучение и анализ юридических документов.

«В пределах семантического блока <...> существует несколько логико-семантических отношений» [4, с. 90], потому этапы обработки и вторичного анализа выделяются отдельно, в которых используется другая разработанная часть программного продукта — модуль проверки взаимосвязанности и бесконфликтности, результаты выполнения и использования описаны в предыдущих работах [3, с. 25]. Проведение подготовки в виде ознакомление и первичного анализа в разы повышает качество дальнейшей обработки и вторичного анализа, что

гарантирует повышение качества конечной экспертной оценки.

Для повышения точности оценки и параллельного устранения несогласованности ряда документов, для фреймов можно проводить критериальную оценку, т.е. определять в зависимости от целей работы критерии оценки и задавать значения, где 0 — отсутствие, 1 — наличие (см. табл. 1).

Отмечается, что критериальную оценку дает экспертная группа. Возможностей для проведения такой оценки в предлагаемой этапности выполнения исследования несколько: на этапе предварительной подготовки, после базового ознакомления и перед переходом ко вторичному анализу и обработке на «нижнем» уровне — на уровне фреймов [3, с. 24].

Таблица 1. Пример шаблона установления критериев при работе с терминами.

Основополагающий	Вторичный	Термин	Определение
1	0	Инвалид	Определение 1
0	1	Инвалид	Определение 2

Источник: составлено автором.

Если рассматривать отдельный анализ терминологии с критериальной оценкой, то предлагаемые метод и средство автоматизируют работу над созданием глоссария и ГОСТов, а также гарантируют более высокий научный результат и грамотный с точки зрения юридической значимости (в прагматическом аспекте).

Выводы и заключение. Вышеописанное показывает, что подобная автоматизация работы над НПА в рамках законодательной деятельности в области МСЭ и РиАИ сокращает временные затраты (а в некоторых случаях и денежные, т.к. не требуется выделение бюджета на дополнительные исследования) и повышает эффективность выполнения задач экспертами.

Применение предлагаемых методов и средств многократно повышает как эффективность работы экспертов, так и качество правового обеспечения. С учетом описанных перспектив, предлагаемый разрабатываемый программный продукт может служить для прогноза эффективности работы и внедрения нового разрабатываемого НПА (на основе обучения с учителем, где учителем выступает эксперт — утверждая оценку обработки и ана-

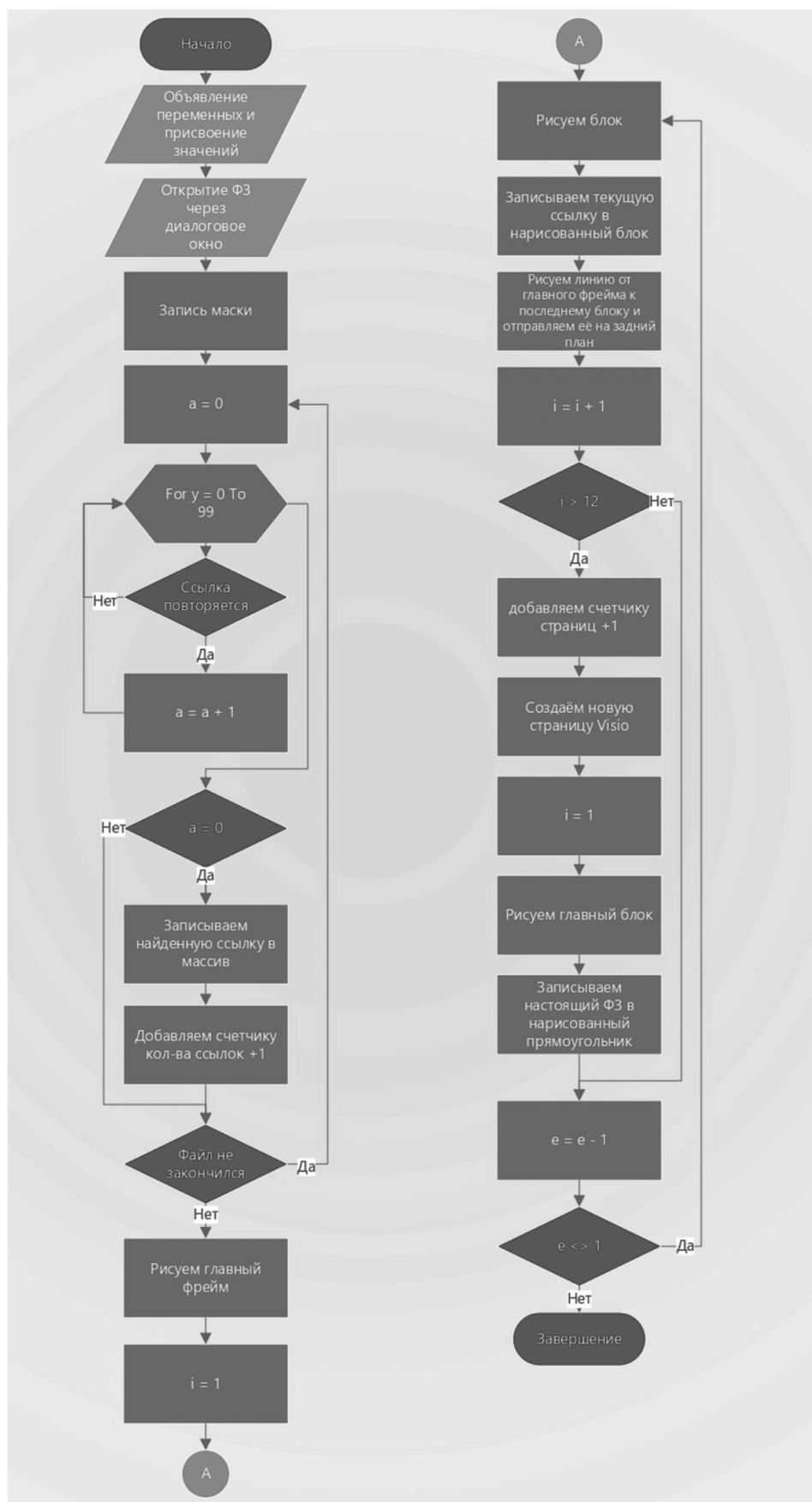


Рис. 2. Блок-схема программной части для первичного анализа НПА (создано автором)

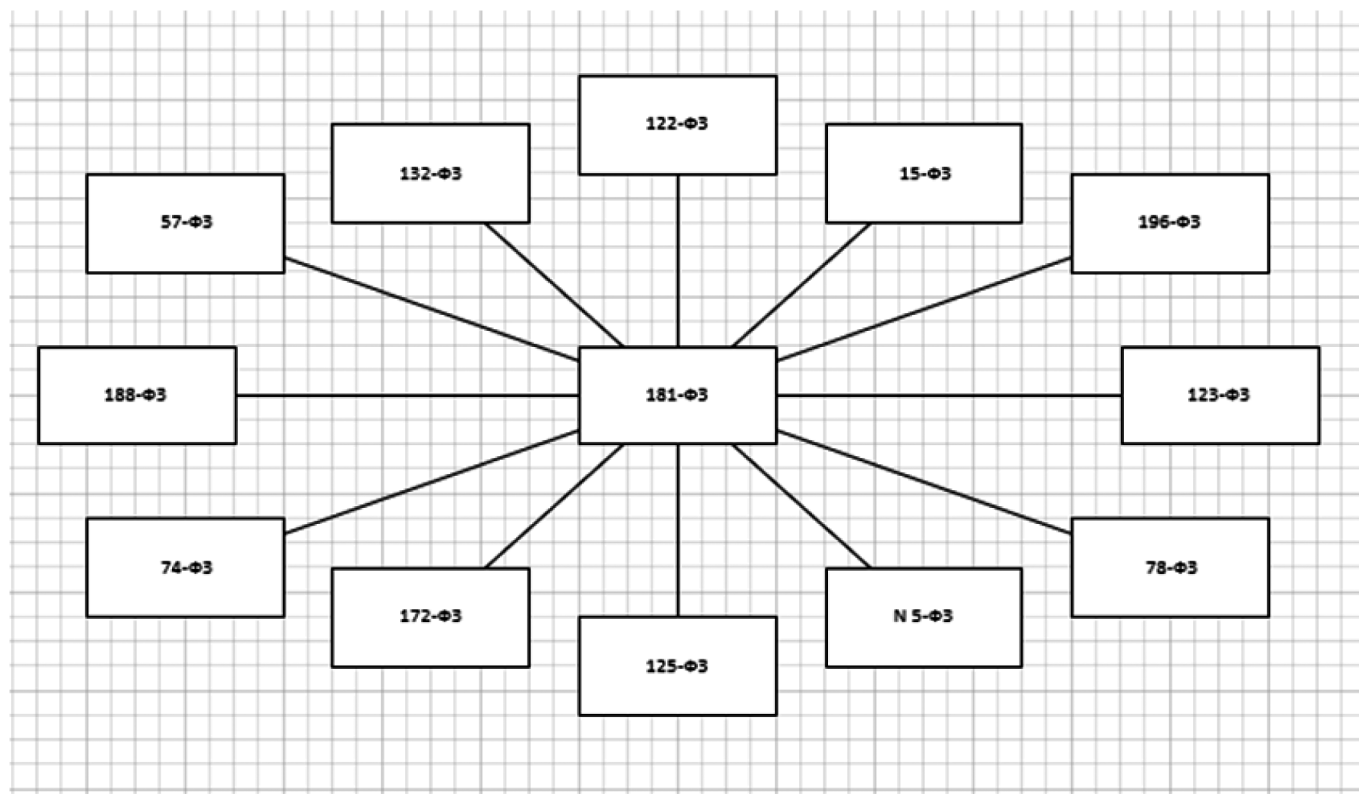


Рис. 3. Результат работы VBA-скрипта для анализа НПА (создано автором

лиза всех упомянутых этапов) при комбинированной автоматизированной обработке «верхнего» и «нижнего»

уровней, о чем будет рассказано в последующих работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агенство правовой информации // Судебная статистика РФ. (Электронный ресурс) URL: stat.api-пресс.рф/stats/gr/t/22/s/24 (Дата обращения: 12.01.2023).
2. Бурлаева Е.И., Зори С.А. Сравнение некоторых методов машинного обучения для анализа текстовых документов // Проблемы искусственного интеллекта. №1 (12). 2019. с. 42–51.
3. Ермолатий Д.А. Анализ правовой информации прикладными средствами при использовании VBA-скриптов // Современные наукоемкие технологии. 2022. №9. с. 22–26.
4. Инькова О.Ю. Несвязность текста, или о некоторых подводных камнях на пути автоматической обработки текста // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2021. №74. С. 81–97.
5. Пителинский К.В. Организация как система динамических контурных потоков // Межотраслевая информационная служба. Выпуск 2 (143). 2008. с. 36–40.
6. Томашевская В.С., Старичкова Ю.В., Яковлев Д.А. Использование машинного обучения для распознавания текстовых шаблонов литературных источников // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2022. № 3. с. 15–25.
7. Boyar-Sozonovitch A., Pitelinskiy K., Ermolatiy D. Innovation economy: aspects of economic and information security in logistics innovation // Amazonia Investiga. Vol. 8 Núm 21. Julio-agosto 2019. с. 6–13.

© Ермолатий Денис Александрович (denis.yermolatiy@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING OF NATURAL SCIENCE AND SOCIAL PROBLEMS

V. Ershov
E. Tetrushvili

Summary: At present, the problems of modeling in the natural-scientific and social spheres have not been actualized by chance. Social life itself, both in Russia and around the world, has become so complicated that the assessment of what is happening has become impossible without the use of specially formalized procedures. So, mathematical and computer modeling is a specific multifunctional study. The author notes that today the tasks of intelligent tools are the automatic construction of algorithms, as well as the creation and execution of application software packages to achieve the best results in certain areas. The author explores mathematical and computer modeling of natural science and social problems.

Keywords: modeling, mathematical modeling, computer algorithms, computer modeling, social problems, social processes.

Ershov Vitaliy Vladimirovich

Старший преподаватель,

ИКТИБ ЮФУ

vvershov@sfnedu.ru

Tetrushvili Elena Viktorovna

Старший преподаватель,

ИКТИБ ЮФУ

evtetrushvili@sfnedu.ru

Аннотация: в настоящее время проблемы моделирования в естественно-научных и социальных сферах актуализировались не случайно. Сама социальная жизнь, как в России, так и во всем мире усложнилась настолько, что оценка происходящего стала невозможной без применения специальным образом формализованных процедур. Так, математическое и компьютерное моделирование — это специфическое многофункциональное исследование. Автор отмечает, что сегодня задачи интеллектуальных инструментов заключаются в автоматическом построении алгоритмов, а также в создании и выполнении прикладных программных пакетов для достижения лучших результатов в определенных областях. Автор исследует математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем.

Ключевые слова: моделирование, математическое моделирование, компьютерные алгоритмы, компьютерное моделирование, социальные проблемы, социальные процессы.

Как известно, моделирование естественно-научных и социальных процессов как предметной области научного знания стала формироваться относительно недавно. С середины 1970-х гг. стали появляться работы отечественных и американских математиков по моделированию общественных процессов.

В 1990-х гг. появляется большое количество работ по данной тематике, позволивших значительно углубить и расширить эту область научного знания. Вот некоторые исследователи, внесшие свой вклад в развитие современного моделирования социальных процессов: О.Ф. Шабров, Ю.М. Плотинский, В.А. Шведовский, А.А. Самарский, А.П. Михайлов, Е.В. Шишкин, А.Г. Чхарташвили [1–4]. Нельзя не упомянуть работы ученых Омского государственного университета под руководством профессора А.К. Гуца [5]. Этой рабочей группой в рамках сотрудничества с Центральным европейским университетом (Венгрия) было издано несколько учебных пособий и компьютерных программ для имитационного моделирования этнических процессов.

В 1970-х годах социологи начали концептуализировать социальные процессы в терминах компьютерных алгоритмов и исследовать последствия этих вычислительных моделей с помощью компьютерного моделирования. С тех пор вычислительные модели стали важным

компонентом исследований в области социальных наук. Они могут выявлять свойства, которые не могут быть исследованы аналитическими (например, традиционными математическими) средствами. Вычислительные модели обеспечивают точный формализм для социальных процессов и позволяют проверить внутреннюю непротиворечивость и полноту теории. Таким образом, вычислительный подход придал значительную точность и строгость теории и исследованиям в области социальных наук. Это также доказало свою актуальность для решения реальных социальных проблем.

Рассмотрим модель, предложенную А. Давыдовым, которая может быть применена при описании социальной диффузии. Отметим, что диффузия — распространение черт, культуры (например, религиозных убеждений, технологических идей, форм языка и т.д.) или социальной практики одного общества (группы) другому.

Математическую модель социальной диффузии можно записать в следующем виде:

$$x_n = k_n(N_n - x_{n-1}) + x_{n-1} \quad (1)$$

где x_n — количество элементов на шаге n ; n — порядковый номер шага; k_n — коэффициент на шаге n ; N_n — размер генеральной совокупности на шаге n . В зависимости

от выбора параметров могут возникнуть разные ситуации.

Вычислительные модели впервые были использованы для изучения крупномасштабных социальных процессов (относящихся к группам и обществам). Эти модели сформулированы как наборы переменных, описывающих основные свойства моделируемой системы. Математические уравнения определяют, как каждая переменная изменяется во времени в зависимости от других переменных. Затем для изучения этих изменений используется компьютерное моделирование. Такой подход особенно распространен при изучении экономических и демографических процессов и чаще всего для моделирования сложных систем используются дифференциальные уравнения. Как правило, эти уравнения имеют вид:

$$dX / dt = f(X, a, t), \quad (2)$$

где $X = (X_1, \dots, X_n)$ — вектор зависимых переменных, характеризующие состояние социальной системы; dX/dt — скорость изменения переменных X , t — время; $f(X, a, t)$ — вектор-функция (в общем случае нелинейная) отражающая изменение этих переменных во времени; a — вектор параметров системы, в общем случае зависящих от времени.

Однако исключительный акцент на свойствах группового уровня не позволяет изучать взаимосвязи между различными масштабами, от отдельных агентов через группы и организации до целых обществ. Большинство вычислительных моделей, в настоящее время, пытаются связать отдельных агентов и совокупные социальные образования (например, социальные группы).

Математические исследования в социологии, безусловно, не имеют смысла без соответствующей концептуальной модели социальной реальности, без достаточной и выверенной социальной информации, без использования современной вычислительной техники в социологическом анализе и прогнозе, что остро ставит вопрос о методологии математического моделирования и исследования.

Таким образом, резкий количественный и качественный рост суперкомпьютеров, а также прогнозируемый прорыв в передовых странах во всех видах научно-технологических сфер, означает не только переход на принципиально новый уровень получения фундаментальных и прикладных знаний, но и их применение во всех сферах человеческой деятельности.

Особая роль в прогрессе отводится математическому и компьютерному моделированию, которое, с одной стороны, занимает промежуточное положение между

теоретическими и экспериментальными научными исследованиями, а с другой — становится незаменимым атрибутом изучения и/или управления производственными, природными и социальными процессами.

Для построения матричной модели планирования и прогнозирования обычно вводят ограничения в виде аналитического и геометрического вида. Задача линейного программирования заключается в оптимизационной задаче, в которой целевая функция линейна на множестве линейных ограничений (формула 3):

$$f(\bar{x}) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i, \quad \overline{1, m}, \quad x_j \geq 0 \quad (3)$$

Ограничения, накладываемые на координаты x_j , могут быть равенствами и неравенствами (I и II рода).

Таким образом, данный метод математического моделирования имеет как преимущества, так и недостатки, и нет единой рекомендации для применения того или иного метода. Выбор метода моделирования финансовой деятельности организации в большинстве случаев зависит от вида деятельности фирмы, ее прибыли, положения в экономической среде и от множества других факторов.

Принципиальный момент здесь заключается в решении на суперкомпьютере таких сверхзадач, которые с точки зрения математической сложности и ресурсоемкости невозможно было себе представить десять лет назад. Ключевой проблемой мирового вычислительно-го сообщества является разработка за короткое время огромных объемов программного обеспечения нового поколения, создание которого возможно только при широком сотрудничестве. Применительно к научному прикладному программному обеспечению это означает переход от традиционных проблемно-ориентированных программных пакетов типа ANSYS, FEniCS, библиотек универсальных или методоориентированных алгоритмов (например, NETLIB или MKL INTEL) и специализированных инструментов к интегрированным вычислительным средам (ICE) предназначен для поддержки вычислительных этапов крупномасштабного суперкомпьютерного эксперимента. Такими примерами являются проекты DUNE, INMOST и BSM [6]. В целом, модели рассматриваемых процессов и явлений представляют собой междисциплинарные прямые и обратные многомерные начально-краевые задачи (IBVPS), описываемые системами дифференциальных и/или интегральных уравнений различных типов в классических или обобщенных формулировках, для которых реальные исходные данные характеризуются сложной многомасштабной геометрией вычислительных областей с кусочно-гладкими

многосвязными граничными поверхностями и свойствами контрастного материала. Современные требования к точности и разрешающей способности применяемых математических моделей налагают строгие условия на стабильность, сходимость, консервативность и робастность быстро развивающихся вычислительных методов. При всем разнообразии математических задач и алгоритмов организация крупномасштабных вычислительных экспериментов осуществляется по четко структурированным технологическим этапам: геометрическое и функциональное моделирование, связанное с описанием исходных данных решаемой задачи, генерация пространственно-временных адаптивных сеток, т.е. дискретизация непрерывных начальных утверждений, аппроксимация заданных дифференциальных и/или интегральных уравнений, решение результирующих систем линейных или нелинейных алгебраических сеточных задач, подходы оптимизации для обратных задач с ограниченной минимизацией целевых функционалов, постобработка и визуализация результатов вычисления, управление вычислительным процессом и принятие решений изготовление по результатам моделирования [7]. Все описанные этапы реализуются соответствующими довольно автономными программными подсистемами, ориентированными на методы, которые могут разрабатываться независимо и взаимодействовать через сформированную структуру данных (геометрический, функциональный, сеточный, алгебраический и т.д.) в согласованных форматах, которые могут быть преобразованы и взаимодействовать с внешним world. Каждая подсистема представляет интегрированную программную среду в собственной методологической области, и все они полностью представляют функциональное содержание BSM.

В последние десятилетия, несмотря на активную динамику развития многопроцессорных вычислительных систем (МПС), их архитектуру можно считать достаточно стабильной и они представляют собой разнородные кластеры многофункциональных узлов с распределенной памятью, каждый из которых содержит несколько многоядерных процессоров (CPU) с общей иерархической памятью, а также графические ускорители например, GPGPU или INTEL Phi. Масштабируемое распараллеливание таких MPS достигается посредством гибридного программирования с передачей сообщений между различными MPI-процессами, организацией многопоточных вычислений с использованием систем OpenMP, а также векторизацией операций с использованием системы AVX. Типичной ситуацией также является решение проблем с удаленным доступом через Интернет к крупному суперкомпьютерному центру общего доступа, основанному на облачных вычислениях. Важно отметить, что сейчас в мире существует огромное количество прикладных и системных продуктов, как государственных, так и коммерческих, представляющих бесценный интел-

лектуальный потенциал, который может и должен быть эффективно использован в новых разработках, которые должны сэкономить многие сотни человеко-лет программирования [6–7]. Создание ICE носит многоцелевой характер, а его архитектура определяется из следующих концептуальных технологических требований: гибкое расширение набора рассматриваемых моделей и применяемых алгоритмов, адаптация к эволюции суперкомпьютерных платформ, эффективное повторное использование внешних программных продуктов, высокие современные математические характеристики и производительность вычислительных методов и технологий, скоординированное участие различных групп разработчиков, интеллектуальный вывод и интерфейсы вывода для комфортной работы конечных пользователей с различным профессиональным опытом. Эти характеристики разработки рассчитаны на длительный жизненный цикл ICE и его приемлемый спрос в различных отраслях промышленности, что в целом должно обеспечить его конкурентоспособность и экономический успех, что является важным фактором, ввиду глобального характера проекта. Использование ICE ориентировано в двух направлениях. Первый из них — это автоматизация построения алгоритмов и их отображения на архитектуру суперкомпьютера, направленная на значительное повышение производительности программирования. Более конкретно, эта часть деятельности заключается в разработке функционального содержания (моделей, методов и технологий) BSM. Вторым направлением и целью ICE является автоматизированное проектирование высокопроизводительных пакетов прикладного программного обеспечения или комплексов с высококачественными характеристиками исполнения, сопоставимыми с профессиональными компиляторами или операционными системами. Создание scientific ICE предъявляет высокие требования к уровню интеллекта проекта, а концепция его интеграции фактически означает переход от кустарного к промышленному дизайну и внедрению крупных приложений, дальнейшее существование которых подразумевает активную поддержку, разработку и эксплуатацию, что также предполагает множество удобных для пользователя интерфейсов. Отметим, что ряд интеллектуальных вопросов методологии математического моделирования и создания нового типа программного обеспечения для него рассмотрен в работах В.П. Ильина «Математическое моделирование и философия науки» и «Фундаментальные вопросы математического моделирования» [8].

Вышесказанное позволяет сделать объективное заключение о том, что последние десятилетия ознаменовались крупными научными и практическими достижениями в области искусственного интеллекта. Общеизвестно, что успех означает в компьютерных шахматах, игре го и в других играх, в робототехнике, в нейронных сетях, в распознавании образов, в машинном переводе текстов

и т.д. На этом фоне почти нет прорывов в методах программирования для моделирования несмотря на то, что компьютеры изначально были изобретены специально для больших вычислений [9]. Хотя активно внедряются алгоритмические языки программирования и компиляторы, операционные системы, различные инструментальные средства, многочисленные прикладные разработки, они в основном ориентированы на достижение высокой производительности кода на MPS. В результате, при быстром росте производительности компьютеров возникает глобальный кризис программирования, когда рост производительности разработчиков сильно отстает от темпов эволюции компьютеров. Очевидно, что такая ситуация требует изменения парадигмы программирования, в первую очередь за счет интеграции разработок и интеллектуализации технологий. На сегодняшний день опубликовано довольно много работ по семантическому моделированию, основанному на аппарате математической логики, и по онтологии проектирования, основанной на когнитивных принципах, по методологии активного знания и по многим аспектам глубокого машинного обучения и интеллектуальных технологий, которые могли бы стать основой для создания базы знаний по математическим моделям и алгоритмам в рамках интегрированной вычислительной среды, которая позволит, по образному выражению Клеппе, переход от «палеоинформатики» к «неоинформатике» в математическом моделировании [10].

Отметим, что методология создания интегрированных инструментальных сред для облачных технологий активно разрабатывается в Иркутской научной школе программирования на протяжении многих лет [11]. Большой объем базовых математических знаний, включая символные вычисления, заложен в хорошо известных системах Mathematica и Maple, а также в языке Python и в многопользовательских инструментах Matlab. Использование компонентов метапрограммирования с шаблонами C++, а также «фабрик» проблемно-ориентированных языков для научных исследований (Domestic Specific Languages) может значительно повысить производительность. Что касается чрезвычайно актуальной математической базы знаний для математических моделей, вычислительных методов и технологий, то здесь хорошей информационной и методологической основой является проект ALGO-WIKI. Интеллектуализация ICE представляется безальтернативным и высокоприоритетным программным обеспечением для нового поколения математического моделирования на суперкомпьютерах. Следует отметить, что проект типа MegaScience не отменяет индивидуального программирования и предоставляет комфортную среду с многочисленными инструментами, что значительно повышает профессиональную специализацию и позволяет избежать дублирования работ. Не менее важным является другой фокус intelligent

ICE, а именно на формировании дружественных интерфейсов для конечных пользователей, которых можно разделить на следующие категории: ученые-исследователи и инженеры-технологи. Первое можно отнести как к теоретикам, так и к экспериментаторам. Суперкомпьютерное моделирование становится незаменимым инструментом для получения новых фундаментальных или прикладных знаний из любой научной области. Что касается практиков, то они в идеале получают виртуальных или цифровых двойников для своих объектов деятельности, с помощью которых они могут осуществлять или оптимизацию проектирования, или планирование, или эксплуатацию своих процессов. По сути, в таком симбиозе человек получает незаменимого и надежного помощника для принятия решений, а не конкурента или соперницу, как об этом пишут некоторые футурологи. И что очень важно в социальном смысле, можно получить широкий класс новых профессий с высокими навыками работы на суперкомпьютерах. Чтобы воплотить такую картину мира в реальность, вычислительному сообществу придется выполнить огромный объем работы, которая должна объединить специалистов самого широкого профиля на фундаменте математизации и искусственного интеллекта. С профессиональной точки зрения интеллектуальные программные компоненты ICE можно разделить на три части. Первый ориентирован на математиков и прикладных программистов, которые отвечают за производительность и автоматическое построение алгоритмов на архитектурах суперкомпьютеров. Вторая часть обеспечит гибкие внутренние и внешние интерфейсы для взаимодействия между подсистемами ICE и другими продуктами (включая системы CAD, CAE, CAM), а также организацию для пользователей с различными навыками. Последний, но не менее интеллектуальный инструмент касается поддержки собственного жизненного цикла, который требует от различных компонентов системы обслуживания и дальнейшего развития интегрированной вычислительной среды для рассмотренных выше этапов математического моделирования.

Следует отметить, что проблемы искусственного интеллекта и математического моделирования, по отдельности изучаются достаточно активно, однако пока они не стали объектами совместного целенаправленного исследования. Вместе с тенденциями в использовании ICE для математического моделирования это приведет к проекту национального масштаба, который потребует серьезных организационных решений, инфраструктуры и соответствующих инвестиций. Здесь многие принципы архитектуры, структурные решения, проблемы интеграции и проблемы ее реализации все еще представляют собой открытые вопросы и темы для будущих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плотинский Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов. — М., 1998.
2. Шведовский В.А. Динамическая модель электорального поведения // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. № 8. С. 46–56.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, методы и примеры. — М., 1997.
4. Шишкин Е.В., Чхатишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. — М., 2000.
5. Guts A.K., Korobitsyn V.V. Computer modeling of ethnic processes. — Dep. in VINITI 2903-B 97. 2016.
6. Il'in, V.P.: The conception, requirements and structure of the integrated computational environment. In: Voevodin, V., Sobolev, S. (eds.) –RuSCDays 2018. CCIS, vol. 965, pp. 653–665.
7. Il'in, V.P.: Mathematical Modelling, Part I: Continuous and Discrete Models. SBRAS Publ., — Novosibirsk, 2017.
8. Il'in, V.P.: Fundamental issues of mathematical modeling. Her. Russ. Acad. Sci. 2016. — 86(2), 118–126.
9. Il'in, V.P.: Mathematical modeling and the philosophy of science. Her. Russ. Acad. Sci. 2018. — 88(1), 81–88.
10. Kleppe, A.: Software Language Engineering: Creating Domain-Specific Language Using Metamodels. Addison-Wesley, New York. 2008.
11. Feoktistov, A., Kostromin, R., Sidorov, I.A., Gorsky, S.A.: Development of distributed subject-oriented applications for cloud computing through the integration of conceptual and modular programming. In: Proceedings of the 41st International Conference on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, 2018, pp. 251–256.

© Ершов Виталий Владимирович (vvershov@sfedu.ru); Тетруашвили Елена Викторовна (evtetruashvili@sfedu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ: ПРОГРАММНЫЕ РОБОТЫ

THE PROBLEM OF INFORMATION SECURITY OF ROBOTIC SYSTEMS: SOFTWARE ROBOTS

**G. Ivanov
A. Kamenskikh
A. Yuzhakov**

Summary: Robotic process automation (RPA), based on the use of software robots, has proven to be one of the most sought-after technologies that has emerged in recent years and is used in automated systems to perform tasks of a programmatic nature in many industries, such as banking or manufacturing. As any new technology, RPA has a number of potential cybersecurity vulnerabilities that arise due to fundamental logical errors in the applied approach, or errors caused by human actions in the stages of implementation, configuration and operation of the technology. It is important to have a complete understanding of the relevant vulnerabilities and associated risks before integrating RPA into an enterprise automated system. The primary asset that RPA operates with is sensitive enterprise information. Data leakage and theft are two major threats. The widespread use of RPA technology in information security-sensitive sectors makes protecting RPA from cyberattacks an important challenge. Nevertheless, this topic has not yet been sufficiently studied in the academic environment and existing solutions have mainly focused on describing some threats. This article describes the technology RPA, formulates the problem of information security and the analysis of major threats to RPA, then proposed a solution by developing an ontology taking into account the specifics of.

Keywords: information security, automated system, robotic process automation, software robots, robotic system.

Введение

Роботизированная автоматизация процессов — это семейство технологий автоматизации бизнес-процессов, основанных на использовании программных роботов и искусственного интеллекта. Программный робот воспроизводит действия человека, взаимодействуя с интерфейсами информационных систем. Сценарий его поведения программируется разработчиком на основе наблюдения за реальным пользователем, выполняющим задачу с помощью различных программных

Иванов Глеб Олегович
Аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет
gleb_molodoi5@mail.ru

Каменских Антон Николаевич
Доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет
antoshkinoinfo@yandex.ru

Южаков Александр Анатольевич
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
uz@at.pstu.ru

Аннотация. Роботизированная автоматизация процессов (RPA), основанная на использовании программных роботов, оказалась одной из наиболее востребованных технологий, появившихся в последние годы и используемых в автоматизированных системах для выполнения задач программного характера во многих отраслях, например, в банковском или производственном сегменте. Как и любая новая технология, RPA имеет ряд потенциальных уязвимостей в области кибербезопасности, возникающих ввиду наличия фундаментальных логических ошибок в применяемом подходе, либо ошибок, порождаемых действиями человека на этапах внедрения, настройки и эксплуатации технологии. Важно иметь полное представление о соответствующих уязвимостях и связанных с ними рисками до интеграции RPA в автоматизированную систему предприятия. Основным активом, которым оперирует RPA, является конфиденциальная информация предприятия. Утечка и кража данных — две главные угрозы. Широкое применение технологии RPA в секторах, чувствительных к обеспечению информационной безопасности, делает защиту RPA от кибератак важной задачей. Тем не менее, эта тема еще недостаточно изучена в научной среде и существующие решения в основном сосредоточены на описании некоторых угроз. В данной статье проводится описание технологии RPA, формулируется проблема обеспечения информационной безопасности и проводится анализ основных угроз RPA, после чего предлагается решение по средствам разработки онтологии с учетом специфики RPA.

Ключевые слова: информационная безопасность, автоматизированная система, роботизированная автоматизация процессов, программные роботы, робототехническая система.

инструментов. Предполагается, что внедрение роботов RPA в скором времени позволит освободить значительную часть ресурсов предприятий, занятых рутинной обработкой информации. Использование этой технологии позволяет сократить количество сотрудников, выполняющих низкопрофильную или циклическую работу, тем самым увеличивая скорость выполнения бизнес-процессов, снижая стоимость работы компании, позволяя выполнять бизнес-процессы в любое время суток, уменьшая количество человеческих ошибок. Цель данной статьи заключается в подтверждении проблемы

обеспечения информационной безопасности и поиска ее решения для успешного внедрения RPA на практике.

Оценка рынка

В настоящее время RPA продолжает развиваться на рынке автоматизированных систем. Значительный толчок получили отечественные производители, в результате ухода крупнейших зарубежных вендоров. Согласно последнему прогнозу ООО «ИБА»: «К 2024 году доля российских RPA по количеству клиентов на российском рынке составит более 90 %, хотя в 2021 она была менее 10 %».

Ожидается, что объем мирового рынка роботизированной автоматизации процессов вырастет с 10,01 млрд долларов в 2022 году до 43,52 млрд долларов к 2029 году при темпах роста 23,4 %.

На сегодняшний день на рынке RPA-платформ в России представлено как несколько зрелых и проверенных временем решений от опытных разработчиков, так и около десятка новых продуктов. Такое количество новых игроков на рынке является типичным признаком стадии быстрого роста. Хотя количество российских RPA-платформ уже достаточно велико, все они имеют свои отличия, что можно отнести к их индивидуальной специфике и особенностям разработки. Одним из интересных прогнозов является мнение экспертов, которые предполагают, что к 2024 году список ведущих RPA-компаний может пополниться новыми игроками, такими как Sber RPA или Атом.Рита. [1]

Принцип работы RPA

Общая концепция функционирования программного робота представлена на рисунке 1. Обычно робота можно рассматривать как зацикленную последовательность шагов, каждый из которых выполняет определенную программу, используя результаты предыдущих шагов и генерируя данные для следующих. В процессе работы роботы могут генерировать отчеты, использовать файловую систему локального компьютера, взаимодействовать с внешними операционными системами и другими ресурсами (почтовые серверы, серверы баз данных, интернет-сервисы, облачные системы и т.д.). [2]

Весь программный код, выполняемый внутри робота, можно разделить на три группы программ: встроенный, стандартный (утилиты) и определяемый пользователем. Эти программы используют ресурсы локальной операционной системы (файловую систему, оперативную память, процессорное время). Локальный компьютер взаимодействует с внешними операционными системами. Встроенные программы обычно являются частью приложения, которое обозначается как RPA-исполнитель. Основная цель приложения RPA-исполнителя — запуск и остановка робота. Стандартные программы предоставляются как часть программного обеспечения робота и предназначены для выполнения базовых действий: распознавание текста, отправка и получение электронной почты, заполнение шаблонов, форм, и так далее. Пользовательские программы используются, если функциональность встроенного и стандартного программно-

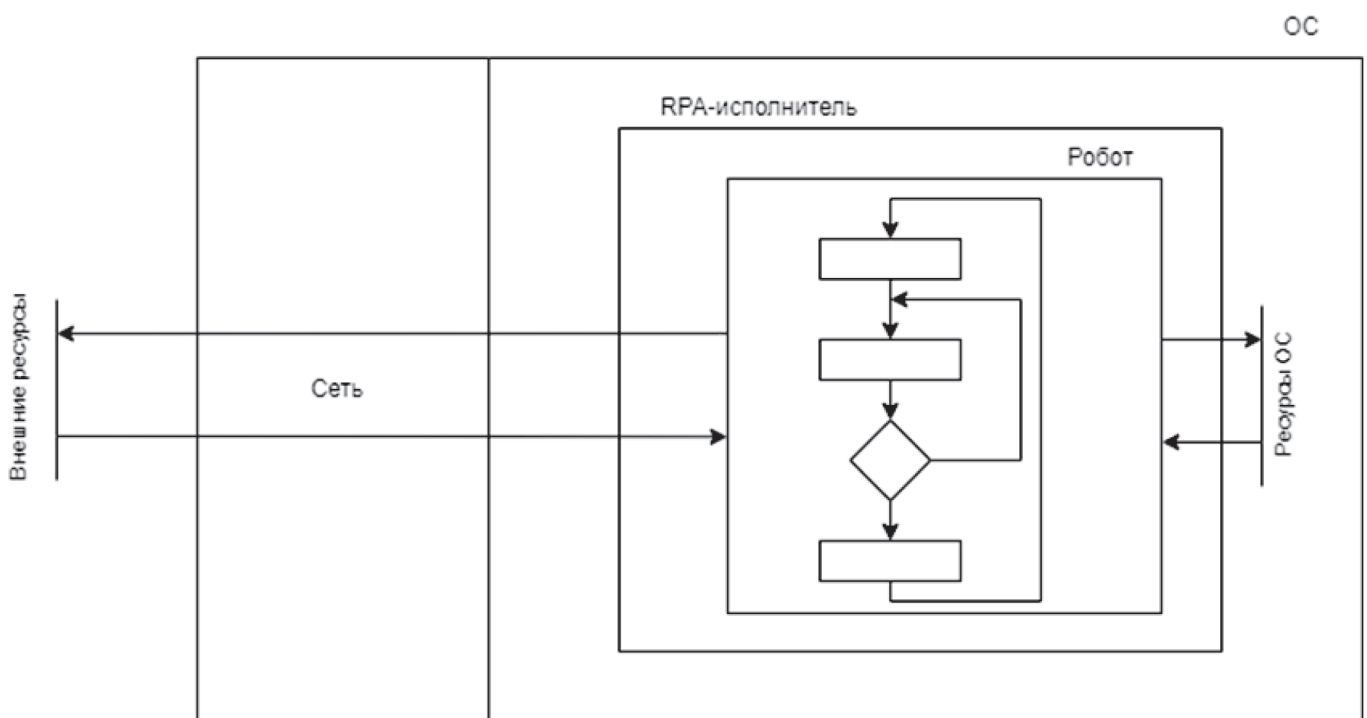


Рис. 1. Архитектура приложения RPA

го обеспечения не соответствуют поставленным перед роботом задачам. Разработка таких программ основывается на стандартах и интерфейсах (API), описанных в документации к системам RPA. Пользовательский код, подобно утилитам, функционирует как часть цикла выполнения робота. [3]

Как правило, роботизировать можно только линейные процессы, в которых есть ограничения принятия решений, присутствует вариативность, а алгоритмы взаимодействия робота с окружающей средой являются строго детерминированными. Хотя ограничения, связанные с примитивностью и применимостью к линейным отлаженным процессам, можно рассматривать как заложенные в основу RPA, порождаемые ими риски информационной безопасности должны быть все равно снижены.

Проблема обеспечения информационной безопасности

Управление рисками безопасности является одним из приоритетных вопросов при реализации решений RPA, поскольку информация имеет крайне высокую ценность в современном устройстве общества. Значительное количество рисков информационной безопасности в решениях RPA объясняется большим числом взаимодействующих компонентов и каналов, использующих различные протоколы связи (в том числе открытые каналы связи) для передачи конфиденциальных или аутентификационных данных, которые могут иметь известные недостатки в защите. Это создает многочисленные возможности для злоумышленника реализовать такие известные атаки как: сниффинг, «человек посередине», спуфинг и другие.

Наиболее острой проблемой является обеспечение того, чтобы конфиденциальные данные не использовались не по назначению через привилегии, выданные программным роботам или тем, кто занимается их разработкой и настройкой. Вопрос безопасности данных можно разделить на две очень взаимосвязанные области, одна из которых — безопасность самих данных, а другая — безопасность доступа к ним. Объединяя эти области с принципом «минимальных привилегий», мы сможем гарантировать, что данные, к которым робот получает доступ, останутся конфиденциальными. Более того, эти роботы имеют повышенные права на выполнение задач и доступ к паролям, поэтому, должна быть надлежащим образом реализована модель управления доступом, подобно тем, что применяются для управления учетными записями пользователей. [4]

Систематический подход по снижению рисков в любой области предполагает, что масштабная оценка рисков должна проводиться чтобы определить возможные

уязвимости и потенциальный ущерб от их использования, а также получить представление о том, что могло привести к возникновению этих событий. Риски должны быть приняты во внимание независимо от того, находится ли источник этих рисков под контролем организации или нет. Обычно оценка включает в себя идентификацию активов, идентификацию угроз, идентификацию средств контроля и мер защиты, идентификацию уязвимостей (не только в программном или аппаратном обеспечении), которые могут быть использованы существующими угрозами, и идентификацию последствий реализации угроз. Поскольку этот процесс должен проводиться регулярно и при каждом новом развертывании RPA, необходим инструмент, который мог бы помочь в выполнении всех этих этапов оценки. Традиционно используются контрольные списки угроз и уязвимостей, но этот подход обладает серьезными недостатками, поскольку набор активов, их безопасность и уязвимости могут меняться и отличаться в зависимости от типа организации и поставщика в области программной робототехники, из-за чего большая часть списков может оказаться неприменимой. Ввиду новизны направления RPA, в списках также может отсутствовать информация о еще не выявленных уязвимостях.

Анализ основных угроз RPA

Чтобы оценить состоятельность проблемы необходимо провести обзор работ в научной литературе, посвященных угрозам RPA. При рассмотрении основных групп угроз, связанных с RPA, можно выделить следующие типы как наиболее важные:

Уязвимости. Это недостатки в информационной системе, которые позволяют злоумышленникам получить доступ к системе для выполнения запрещенных действий. Большинство систем RPA сегодня используют шифрование данных, что снижает риск возникновения уязвимостей, но они все еще встречаются в некоторых относительно слабо защищенных решениях. Например:

1. Уязвимость безопасности может существовать в среде виртуальной машины, в которой работает бот. Боты Automation Anywhere [5] развернуты на виртуальных машинах Microsoft Windows server 2012 R2, и если в среде виртуальной машины существует уязвимость безопасности, злоумышленник может получить удаленный доступ к виртуальной машине и через нее попасть в защищенный сегмент сети для получения доступа к конфиденциальным данным;
2. Разработчики бота могут запрограммировать его на отправку/получение конфиденциальных данных без шифрования. Эти данные могут быть перехвачены с помощью активного (проведение атаки человек посередине) или пассивного (прослушивание сети) воздействия.

Злоупотребление Интернетом. Это ситуации, в которых происходит нелегитимное распространение данных, связанных с информационной безопасностью компании. Согласно статистике, большинство утечек таких данных происходит из-за того, что пользователи, имеющие учетные записи с расширенным доступом, передают параметры от них кому-то в личных целях. Если у робота есть подключение к интернету, то по аналогии с пользователем, он также может реализовать алгоритм, который приведет к передаче данных учетной записи. Злоумышленники могут использовать привилегии робота для компрометации системы и неправомерного использования информации. Например:

1. Злоумышленник может скомпрометировать учетную запись администратора, используемую ботом. Злоумышленник может использовать учетную запись администратора для получения доступа к конфиденциальным данным;
2. Перед уходом с работы бывший сотрудник может запрограммировать бота на выполнение вредоносного кода или снять с него защиту, предоставив прямой доступ другим злоумышленникам.

Сбой системы. Аппаратный или программный сбой может привести к прекращению функционирования системы. Время простоя чаще всего связано с человеческим фактором (ошибки сотрудников), состоянием оборудования, ошибками на сервере и проблемами взаимодействия между программными решениями. Сбой в сети может нарушить работу робота, как и другого программного решения, и привести к снижению производительности. Перебои в работе системы или даже ее полное отключение может быть вызвано в результате слишком быстрого последовательного выполнения действий роботом при наличии ограничения системных ресурсов. Например:

1. Использование неоптимизированных методов программирования могут привести к тому, что бот будет потреблять все системные ресурсы виртуальной машины, в результате чего, виртуальная машина не будет реагировать на запросы и, следовательно, не сможет выполнять какую-либо работу;
2. В системе могут проводиться технические работы, незапланированные обновления или обслуживание сети, что может привести к потере данных работа и вызвать у него сбой в цикличной работе.

Разглашение конфиденциальной информации. В отношении RPA этот риск заключается в возможности преднамеренного или случайного неправильного обучения робота, при котором данные попадут в интернет или к сторонним пользователям. Например:

1. Разработчик бота может по ошибке запрограммировать бота на загрузку строго конфиденциальных данных, таких как информация о кредитных картах, в базу данных, доступ к которой открыт для любого пользователя в сети Интернет;

2. Разработчик бота может использовать свой технический аккаунт для кражи интеллектуальной собственности.

Далее, приведем основные выявленные первопричины рассмотренных нами угроз RPA:

1. Информация раскрыта случайно — бот может быть плохо настроен, что приведет к распространению чувствительных данных через Интернет или по другому незащищенному источнику;
2. Отсутствие или уязвимость средств шифрования и контроля доступа;
3. Слабые функции аутентификации;
4. Программные боты RPA требуют привилегированного доступа для выполнения необходимых задач, таких как вход в систему управления взаимоотношениями клиентов или в другие бизнес-системы для чтения, удаления или изменения информации, а также для передачи данных от одного процесса к другому. Необходимость постоянного доступа означает, что привилегированные учетные данные часто применяются и должны храниться непосредственно в сценарии или процессе, основанном на правилах, которым следует бот. Или же сценарий может включать шаг получения учетных данных из небезопасного места, например, из файла конфигурации или базы данных;

Также рассмотрим некоторые рекомендуемых средства контроля безопасности для RPA из технической документации разработчиков: Полные журналы аудита; Интеграция технологий защиты данных; Использование шифрования; Управление доступом на основе ресурсов и ролей; Минимизация площади поверхности атаки; Установка безопасных настроек по умолчанию; Принцип наименьших привилегий; Принцип эшелонирования; Отказоустойчивость; Отсутствие доверия к сервисам; Разделение обязанностей; Избегание защиты без подтверждения; Обеспечение простоты реализации; Правильное устранение проблем безопасности. [6]

Тем не менее, необходимо сказать, что средства контроля могут варьироваться в зависимости от платформы RPA и не существует универсального подхода для их применения. Для успешного проектирования программного робота, минимизации рисков, обеспечения безопасности робота и соответствия принятым в отрасли стандартам необходимо разработать модели и методы защиты, которые позволят достичь безопасности RPA сравнить их с перечнем критериев идентификации рисков в действующих методологиях.

Предлагаемое решение

Для решения проблемы предлагается разработать онтологию безопасности RPA. Онтология — это система-

тизированное описание всех терминов определенной предметной области, их свойств и отношений между ними. Она использует термины и их отношения для составления словарей тематической области, а также правил комбинирования для определения возможностей расширения словаря [7]. Онтология обеспечивает лучшую коммуникацию, возможность повторного использования и организацию знаний, уменьшая неоднозначность языка и структурируя передаваемые данные. [8]

Однако онтологии безопасности в области RPA найдены не были, а в существующих онтологиях безопасности отсутствуют функции, связанные с RPA.

Предлагается в основу онтологии RPA включить шесть классов: активы, риски, безопасность, угрозы, уязвимости и контрмеры, определенные как наиболее важные. Она должна обладать возможностью систематически описывать эти специфические классы и расширяться, изучая домен по принципу "сверху вниз". За основу может быть взят стандарт ISO/IEC 27005: 2018, содержащий рекомендации по управлению рисками информационной безопасности, включая телекоммуникационные технологии. Методы, описанные в этом стандарте, следуют общей концепции, указанной в ISO/IEC 27001

Частные задачи для дальнейшего исследования

Решение поставленной проблемы может быть достигнуто путем реализации частных задач, которые позволят реализовать предложенное решение. Планируется выполнить следующие задачи: 1) Определить термины и понятия, относящиеся к информационной безопасности, и установить связи между ними; 2) Создать схему онтологии, включающую все выделенные термины и понятия; 3) Определить классы объектов и связи между ними в рамках онтологии; 4) Определить правила классификации объектов на основе семантики и синтаксиса терминов и понятий; 5) Определить способы формализа-

ции знаний об информационной безопасности, включая описание протоколов и алгоритмов.

Перспективы

В дальнейшем предложенная онтология может быть обновлена и использована различными способами, например, как контрольный список для задач управления рисками в решениях RPA и источник информации для экспертной системы или набор данных по конкретной области. Полученная онтология может также использоваться для оптимизации и ускорения моделей машинного обучения, используемых для защиты информации, помогая сузить область поиска решения, тем самым экономия время и ресурсы.

Итоги

Проведенный обзор литературы показал, что широко используемая технология RPA имеет ряд рисков информационной безопасности из-за большого количества взаимодействующих компонентов и каналов, использования различных протоколов связи, и существует необходимость в управлении рисками и их снижении. Для эффективного управления рисками необходим единый источник информации, в котором хранились бы связанные с RPA активы, угрозы и контрмеры, и онтология может рассматриваться как перспективный способ хранения таких данных, но в настоящее время не найдено онтологий, связанных с безопасностью RPA, в связи с чем возникает необходимость в ее разработке, ориентированной на безопасность RPA. Создание онтологии безопасности для RPA позволит быстро определить ключевые моменты обеспечения информационной безопасности при проектировании программного робота, во время его активной работы, позволит оценить степень безопасности робота и определить, какие контрмеры необходимо предпринять для повышения уровня безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яков Шпунт. Избавляйтесь от рутинных задач: рейтинг российских RPA-платформ 2022 // VISION—2022.
2. Schumacher, M. 3. Ontologies. In Security Engineering with Patterns Lecture Notes in Computer Science // Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2003; Volume 2754.
3. Tsoumas, B.; Dritsas, S.; Gritzalis, D. An Ontology-Based Approach to Information Systems Security Management // In Proceedings of the Third International Workshop on Mathematical Methods, Models, and Architectures for Computer Network Security, St. Petersburg, Russia, MMM-ACNS 2005; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2005
4. ElectroNeek. Security Concerns in RPA: A 4-Step Guide to Address Them // Режим доступа: <https://electroneek.com/blog/security-concerns-in-rpa-4-step-guide-to-address-them/> (дата обращения: 14.04.2023)
5. Microsoft. Azure Policy Built-in Definitions for Azure Virtual Machines // Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-machines/policy-reference> (дата обращения: 12.02.2023)
6. Automationanywhere. 10 Best Practices for Secure Bot Design // Режим доступа: <https://www.automationanywhere.com/company/blog/learn-rpa/ten-best-practices-for-secure-bot-design> (дата обращения: 23.03.2023)
7. Smekhun, Y.A.; Sistemakh, O. Ontologies in the knowledge based systems: Possibilities of their application // Int. Res. J. 2016, 5, 173–175.
8. Hloman, H.; Stacey, D. Approaches, methods, metrics, measures, and subjectivity in ontology evaluation: A survey. Semant // Web J. 2014, 1, 1–11 // Режим доступа: <http://www.semantic-webjournal.net/system/files/swj657.pdf> (дата обращения: 14.04.2023)

© Иванов Глеб Олегович (gleb_molodoi5@mail.ru), Каменских Антон Николаевич (antoshkinoinfo@yandex.ru); Южаков Александр Анатольевич (uz@at.pstu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЕЧНОГО ФОНДА САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Коровин Евгений Николаевич

доктор технических наук, профессор,
Воронежский государственный технический
университет
korovin@saums.vorstu.ru

Кривоносова Марина Викторовна

Аспирант,
Воронежский государственный технический
университет
marinkapagina@mail.ru

METHODOLOGY FOR EVALUATING STATISTICAL INDICATORS OF THE EFFICIENCY OF USING THE BED FUND OF A SANATORIUM-RESORT ORGANIZATION

**E. Korovin
M. Krivonosova**

Summary: The article discusses the content of the methodology for assessing the indicators of the use of the bed fund of a sanatorium-resort organization (SKO), which provides recommendations for improving the efficiency of work for organizations providing services in the field of health and wellness. The fundamental purpose of the work is to formulate parameters for evaluating the result of the work of medical institutions. The relevance of the study is due to the fact that the system of sanatorium treatment requires significant modernization. The factor of economic profitability is in the first place. Consideration of economic issues is impossible without improving the quality of treatment, as well as it is impossible to optimize individual diagnostic and therapeutic tactics, regardless of the sanatorium management, which is a complex economic and organizational system. The leading method to study this problem is to analyze the effectiveness of the use of the bed fund of an organization providing medical and diagnostic services, which allows to comprehensively consider the problem of optimizing the work of sanatorium-resort institutions. The methodology is based on methods and methods for processing the parameters of bed loading, the degree of individual workload of employees, indicators of the quality of sanatorium services, which are proposed in order to analyze the entire economic cycle of activity, as well as to improve its activities. The materials of the article are of practical value for organizations providing medical services.

Keywords: sanatorium and resort organization, bed fund, sanatorium and wellness services, indicators, staff, sanatorium and resort assistance, forecasting, economic cycle, improvement.

Аннотация: В статье рассматривается содержание методики оценки показателей использования коечного фонда санаторно-курортной организации (СКО), которая дает рекомендации повышения эффективности работы для организаций, предоставляющих услуги в области здравоохранения и оздоровления. Основопологающей целью работы является формулировка параметров для оценки результата работы лечебных учреждений. Актуальность исследования обусловлена тем, что система санаторно-курортного лечения требует существенной модернизации. Фактор экономической рентабельности стоит на первом месте. Рассмотрение экономических вопросов невозможно без повышения качества лечения, как и невозможно оптимизировать индивидуальную диагностическую и лечебную тактику, независимо от санаторно-курортного управления, представляющего собой сложную экономико-организационную систему. Ведущим методом к исследованию данной проблемы является проведение анализа статистических показателей работы санаторно-курортной организации, оказывающей лечебно-диагностические услуги, позволяющим комплексно рассмотреть проблему оптимизации работы санаторно-курортных учреждений. В основу методики положены методы и способы обработки параметров загрузки коек, степени индивидуальной загруженности работников, показателей качества санаторного обслуживания, которые предлагаются для того, чтобы проанализировать весь экономический цикл деятельности, а также для усовершенствования ее деятельности. Материалы статьи представляют практическую ценность для организаций, оказывающих медицинские услуги.

Ключевые слова: санаторно-курортная организация, коечный фонд, санаторно-оздоровительные услуги, показатели, персонал, санаторно-курортная помощь, прогнозирование, экономический цикл, усовершенствование.

Введение

В социально-экономическом развитии Российской Федерации со временем выработались свои тенденции.

К числу существенных пробелов относятся такие показатели, как низкие показатели рождаемости среди здорового населения. Показатели смертности держатся в высоких пределах. Многие заболевания населения находятся в сильной зависимости от социального обеспечения.

Экономическая рентабельность реализуется только благодаря использованию технологий нового уровня и контролю за лечебно-профилактической ценностью этих технологий. Необходимость разработки доступных индивидуальных программ для контроля эффективности лечения обусловлена высокой стоимостью медицинского оборудования, разница между логистическими базами и естественными факторами лечения.

Материалы и методы

Организационная система санаторно-курортного учреждения состоит из узкоспециализированных функ-

циональных элементов, таких как материалы, финансы, персонал и информация, благодаря которым может быть сформирована основа для производства диагностических, терапевтических и оздоровительных услуг. Использование минимума показателей необходимо для того, чтобы оценить медицинскую деятельность организации [1]. Показатели, представленные в таблице 1, используются для расчета статистических показателей медицинской деятельности СКО.

Таблица 1.

Исходные данные для проведения расчета статистических показателей

Количество больных, прошедших лечение в санатории за год
Количество больных, выписанных с положительной динамикой за год
Среднее количество коек (фактически развернутых + свернутых на ремонт)
Число койко-дней, проведенных больными в санатории в течении года
Число выполненных исследований за год
Число выполненных процедур за год
Объем фактических финансовых затрат на 1 койко-день
Норматив финансовых затрат на 1 койко-день
Общая численность персонала
Врачи
Средний медицинский персонал

Условные обозначения, используемые в формулах статьи, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Условные обозначения

ЗК(г)	Среднее число дней занятости койки в году
ЧД(г)	Число койко-дней, проведенных больными в санатории в течение года
П	Число поступивших пациентов
В	Число выписанных пациентов
Пр	Число пролеченных пациентов
ЧК(ср.г)	Среднегодовое число коек
ДП(ср.)	Средняя продолжительность пребывания пациента на койке
О	Оборот койки
ПЕ(ср.)	Среднее время простоя койки
К(вр.)	Среднее число коек на 1 должность врача
ЧД(вр.)	Среднее число койко-дней на 1 должность врача
ЧВ	Общее число занятых врачебных должностей в санатории
ФЗ	Выполненных норматив финансовых затрат
ФЗ(факт.)	Объем фактических затрат на 1 койко-день в санатории

ФЗ(норм.)	Норматив финансовых затрат на 1 койко-день в санатории
Д(год)	Число дней в рассматриваемом году
ЗПср(ф.г.)	Средняя заработная плата в Воронежской области за финансовый год
СП(ср.)	Средняя стоимость путевки
МРОТ	Величина прожиточного минимума
МР	Коэффициент медицинской результативности
ЧП(полож.)	Число пациентов с положительной динамикой по состоянию здоровья
ЧП(общ.)	Общее количество пациентов, покинувших санаторий за расчетный период
ДС	Коэффициент работы диагностической службы
КПД(р.п.)	Количество диагностируемых процедур, выполненных в течение рассматриваемого периода
Ст	Степень соблюдения минимальных медицинских стандартов (среднее значение за расчетный период)
ЛР	Коэффициент эффективности лечебно-реабилитационных услуг
КЛРП	Количество лечебно-реабилитационных процедур за рассматриваемый период

Исходя из имеющихся статистических показателей, можно рассчитать показатели продуктивности функционирования коечного фонда СКО.

Показатель, отражающий среднее число дней использования койки в году, характеризует занятость койки в СКО в течение календарного года, рассчитывается в днях. Представляет отношение числа проведенных всеми пациентами койко-дней на соответствующее число среднегодовых коек [2]. Рассчитывается по формуле:

$$ЗК(г) = \frac{ЧД(г)}{ЧК(ср.г)} \quad (1)$$

Ключевым показателем среднего времени пребывания пациента на койке является отношение продолжительности пребывания пациента в санатории, выраженных в койко-днях, к числу вылеченных пациентов:

$$ДП(ср) = \frac{ЧД(г)}{\frac{1}{2}(П + В)} \quad (2)$$

Представление о среднем количестве пролеченных в течение года больных на одной койке дает такой важный показатель оборота койко-мест, который рассчитывается по формуле:

$$О = \frac{Пр}{ЧК(ср.г)} \quad (3)$$

Показатель среднего времени простоя койки дает сведения о среднем количестве дней свободной койки с момента выписки предыдущего пациента до прибытия следующего. Рассчитывается по следующей формуле:

$$ПК(ср.) = \frac{Д(год) - ЗК(г)}{О} \tag{4}$$

Оптимизация структуры и терапевтических возможностей санатория должна быть сопоставима с разработкой и анализом показателей загруженности персонала при одновременном внедрении современных технологий диагностики и лечения пациентов в санатории [3]. Показатель «Среднее количество коек на медицинскую должность» рассчитывается по формуле:

$$К(вр.) = \frac{ЧК(ср.г)}{ЧВ} \tag{5}$$

Другим показателем, относящимся к этой группе, является показатель среднего количества дней пребывания на койке для каждой должности врачей или среднего медперсонала:

$$ЧД(вр.) = \frac{ЧД(г)}{ЧВ} \tag{6}$$

Весомость имеют региональные особенности формирования нормативов финансирования [4]. Рассчитаем выполнение нормативов финансовых затрат санатория за год. Показатель рассчитывается по формуле:

$$ФЗ = \frac{ФЗ(факт.)}{ФЗ(норм.)} * 100\% \tag{7}$$

Для оценки качества оказанной санаторно-курортной помощи используются такие показатели, как коэффициент доступности санаторной помощи.

Этот показатель является одним из наиболее важных аспектов эффективности системы здравоохранения. Выбор санаторно-курортных услуг конкретным пациентом оказывает решающее влияние на доступность санаторно-курортного лечения, как с точки зрения потребностей, так и с точки зрения финансовых возможностей.

Средняя стоимость путевки при стандартном пребывании в течение 21 дня используется в качестве основного показателя при рассмотрении доступности медицинской помощи населению и медицинских услуг. В систему оценки также вводятся показатели, характеризующие уровень финансовой обеспеченности населения. Это средняя заработная плата и дневной объем в Воронежской области за финансовый год и величина прожиточного минимума [4].

Для того, чтобы четко оценить социальные аспекты проблемы, рассчитывается коэффициент доступности:

$$Д = \frac{\left(\frac{ЗПср(ф.г.)}{СП(ср.)} \right) + \left(\frac{МРОТ}{СП(ср.)} \right)}{2} \tag{8}$$

Коэффициент медицинской результативности является наиболее распространенным относительным по-

казателем медицинской эффективности, представляет отношение числа пациентов с положительными результатами по состоянию здоровья к общему числу пациентов, покинувших учреждение за тот же расчетный период:

$$МР = \frac{ЧП(полож.)}{ЧП(общ.)} \tag{9}$$

Чтобы определить эффективность диагностических услуг, предлагается рассчитать соответствующий коэффициент. Данный показатель — коэффициент работы диагностической службы [5]. Он рассчитывается как отношение количества диагностических процедур, выполненных в течение рассматриваемого периода, к количеству пациентов, покидающих санаторий в течение этого периода. Степень соблюдения минимальных медицинских стандартов рассчитывается с помощью коэффициента (Сt). Точная норма соответствия оценивается в 1,0, и если есть отклонение в какую-либо сторону, значение уменьшится и составит 1 %. Коэффициент Сt — это среднее значение за расчетный период [6]. Для устранения разницы между коэффициентом эффективности медицинской деятельности и коэффициентом результативности диагностических услуг был введен условный коэффициент, равный 0,1, который рассчитывается по формуле:

$$ДС = \frac{КДП(р.п.) * 0,1 * Сt}{ЧП(общ.)} \tag{10}$$

По той же программе происходит оценка эффективности лечебных и реабилитационных работ. Коэффициент эффективности лечебно-реабилитационных услуг — это отношение количества процедур, проведенных в течение расчетного периода, к общему количеству пациентов, покинувших санаторий за тот же рассматриваемый период [7]. Рассчитывается по формуле:

$$ЛР = \frac{КЛРП * 0,1 * Сt}{ЧП(общ.)} \tag{11}$$

Результаты

Высокий уровень указывает на то, что больница перегружена, а условия труда затруднены.

При оценке использования коечного фонда высокий уровень загруженности свидетельствует о малом количестве коек, а также о слишком большом количестве пациентов [8]. Индикатор низкой загруженности койки показывает недостаточное использование коечного фонда [9]. Высокий уровень указывает на то, что санаторий перегружен, а условия труда затруднены.

Проанализировав статистические показатели эффективности использования коечного фонда санаторно-курортной организации, можно сформулировать цели по усовершенствованию функционирования СКО. На рисунке 1 приведена модель дерева целей развития СКО.

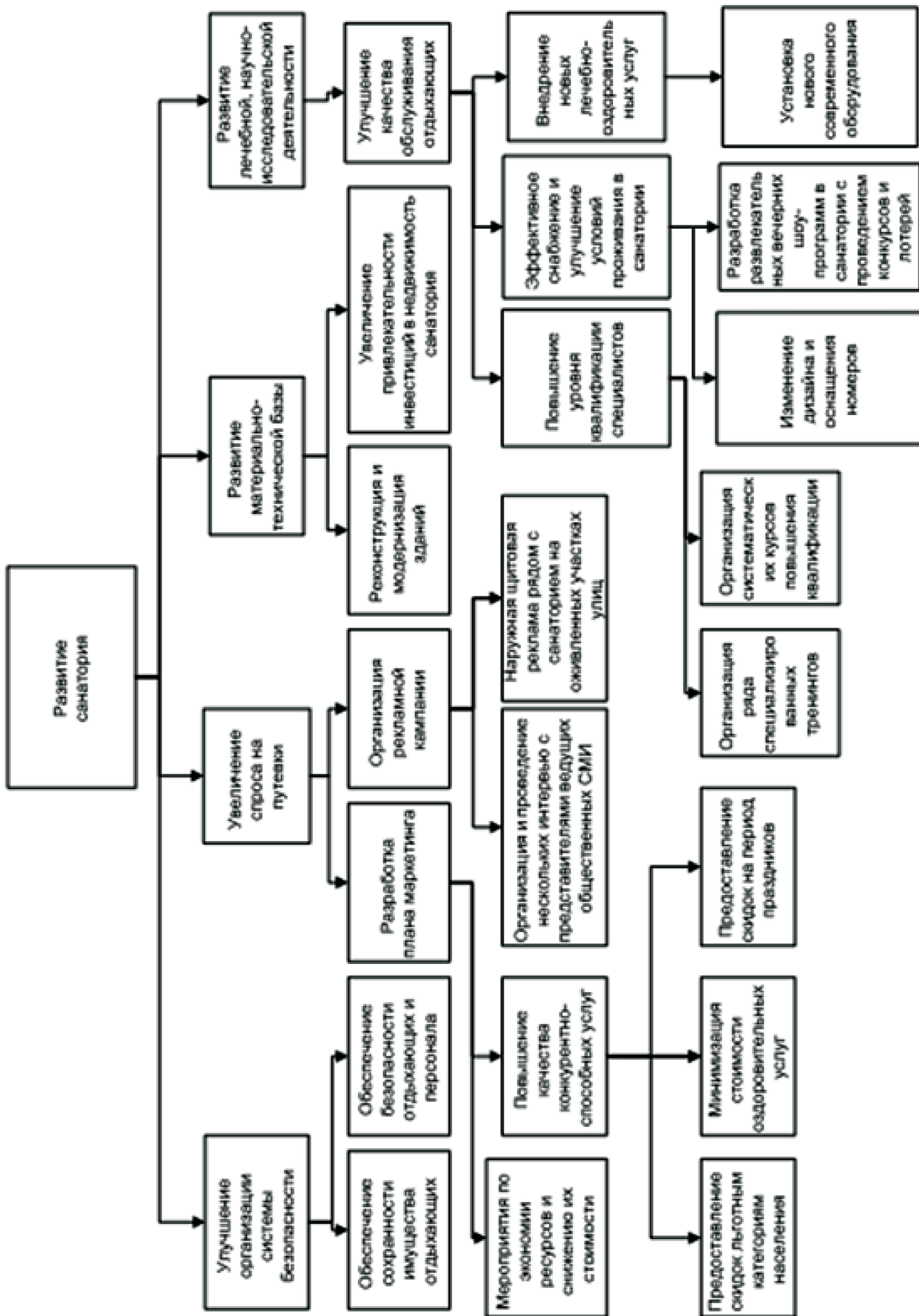


Рис. 1. Модель дерева целей развития санаторно-курортной организации

Заключение

Благодаря правильной оценке продуктивности использования коечного фонда санаторно-курортных организаций возможно рациональное использование внутренних ресурсов при оказании санаторно-курортной помощи [10].

Анализ организации медицинской деятельности СКО рассматривается можно считать сложной систе-

мой. В ходе работы была произведена количественная оценка эффективности деятельности санаторно-курортной организации. Полученные результаты позволили сформулировать рекомендации по повышению эффективности деятельности конкретной организации, оказывающей санаторно-оздоровительные услуги. Использование представленной в данной работе методики возможно в других лечебных медицинских учреждениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьян А.В. Оценка результатов деятельности санаторно-курортных организаций. Транспортное дело России. 2011(10):97-101. Доступно по: <file:///C:/Users/user4/Downloads/otsenka-rezultatov-deyatelnosti-sanatorno-kurortnyh-organizatsiy.pdf> (дата обращения 15.01.2023).
2. Редько А.Н., Лебедева И.С., Шильцова Т.А. Оценка эффективности и качества медицинских услуг. Краснодар: АСВ-полиграфия, 2015. 72 с.
3. Медик В.А., Юрьев В.К. Общественное здоровье и здравоохранение. 2-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 608 с.
4. Низамов И.Г. Сабиров Л.Ф. Вопросы комплексной оценки результативности санаторно-курортной помощи. Современные проблемы науки и образования. 2012(1):71-75. Доступно по: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5359> (дата обращения: 16.01.2023)
5. Ветитнев А.М., Войнова Я.А. Организация санаторно-курортной деятельности. М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. 272с.
6. Баснина Т.Д., Валитова Л.А., Шерешева М.Ю. Управление российским санаторно-курортным комплексом: основные проблемы и тенденции развития. Управленец. 2021;12(1):62-77. Доступно по: <https://upravlennets.usue.ru/images/89/5.pdf> DOI: 10.29141/2218— 5003-2021-12-1-5 (дата обращения: 11.01.2023)
7. Железнякова И.А., Ковалева Л.А., Хелисупали Т.А., Войнов М.А., Омеляновский В.В. Методология оценки эффективности использования коечного фонда медицинских организаций. Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2017;10(4):37. Доступно по: <https://www.pharmacoeconomics.ru/> DOI: <https://doi.org/10.17749/20704909.2017.10.4.037-043> (дата обращения: 19.01.2023).
8. Маношкина Е.М., Бантьева М.Н., Кузнецова В.П. Динамика основных показателей коечного фонда кардиологического профиля круглосуточного и дневного пребывания в Российской Федерации. Клиническая медицина и фармакология. 2020;5(4):43-49. Доступно по: <https://doi.org/10.12737/2409-3750-2020-5-4-43-49>
9. Орлов А.Е. Управление коечным фондом как инструмент повышения качества медицинской помощи в городской многопрофильной больнице. Фундаментальные исследования. 2015(7-2): 424-427. Доступно по: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38712> (дата обращения: 19.01.2023).
10. Зюкин Д.А., Власова О.В. Оценка использования ресурсного обеспечения в системе здравоохранения. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016;(11-2):301-304. Доступно по: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10487> (дата обращения: 19.01.2023).

© Коровин Евгений Николаевич (korovin@saums.vorstu.ru), Кривonosова Марина Викторовна (marinkapegina@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ ВИДЕОИГР

USING SIMPLE MATHEMATICAL FUNCTIONS AND GEOMETRIC DEPENDENCES IN VIDEO GAME DEVELOPMENT

**K. Kuzminsky
T. Ryasyanen
T. Ulengova**

Summary: This article discusses the areas and examples of the application of mathematical functions and geometry in the development of video games. On the basis of the study, the main theses, advantages and disadvantages of using mathematics in the creation of games are formulated, examples of the use of mathematical functions and geometry in the development of video games are presented and analyzed.

Keywords: development, game application, mathematics, mathematical function, geometry.

Кузминский Кирилл Витальевич

Тихоокеанский Государственный Университет
2017100693@pnu.edu.ru

Ряйсянен Татьяна Николаевна

старший преподаватель,
Тихоокеанский Государственный Университет
000512@pnu.edu.ru

Уленгова Татьяна Георгиевна

старший преподаватель,
Тихоокеанский Государственный Университет
000516@pnu.edu.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены области и примеры применения математических функций и геометрии в разработке видеоигр. На основании проведенного исследования сформулированы основные тезисы, преимущества и недостатки использования математики при создании игр, изложены и проанализированы примеры применения математических функций и геометрии в разработке видеоигр.

Ключевые слова: разработка, игровое приложение, математика, математическая функция, геометрия.

В каждой игре разработчик активно оперирует различным функционалом, вложенным в игровой движок (в наших примерах движок Unity), для непосредственного создания игрового процесса. Но в некоторых случаях, например, при ограниченных временных ресурсах или за недостатком опыта, разработчику гораздо проще воспользоваться математикой для представления игрового процесса в виде простейших функций, чтобы в дальнейшем переложить это в понятный программный код. В рамках проекта «Ready, Steady, Swipe!» мы столкнулись с аналогичной ситуацией, когда разработка геймплея на основе геометрических вычислений оказалась подходящей как со стороны затраченного времени, так и со стороны загрузки вычислительных мощностей мобильного телефона.

Игра «Ready, Steady, Swipe!» представляет собой трехмерную казуальную аркаду. В данной игре игрок управляет кубиком, некоторые элементы которого подсвечены определенным цветом. Задача игрока — перемещать кубик на соседние клетки соответствующих ему цветов.

На этапе разработки концептуальной документации было принято решение о формате передвижения игрового кубика на соседние клетки игрового поля — модель должна была плавно и равномерно перевалиться на другую грань, опираясь при этом на нижнее ребро модели.

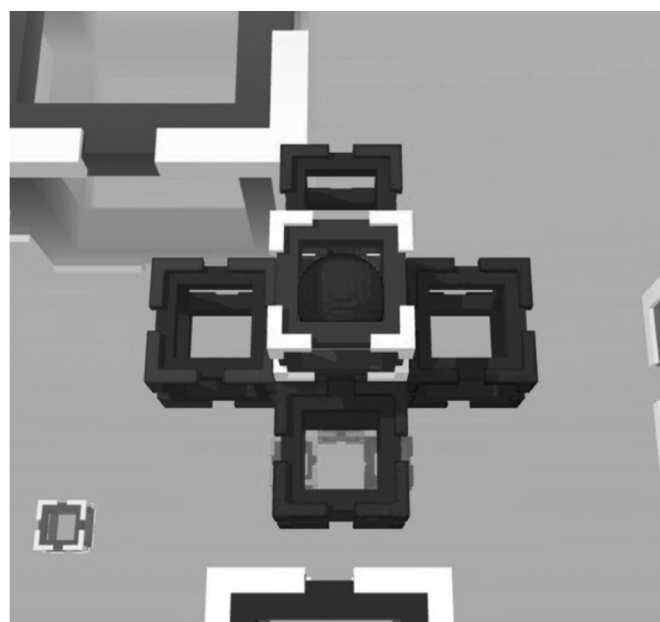


Рис. 1. Игровое поле «Ready, Steady, Swipe!»

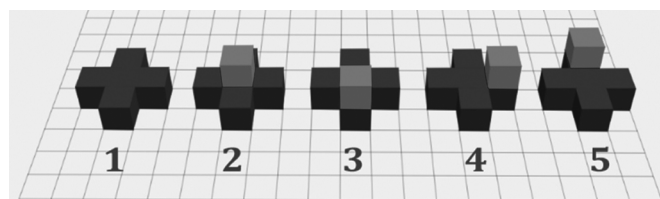


Рис. 2. Черновой концепт геймплея «Ready, Steady, Swipe!»

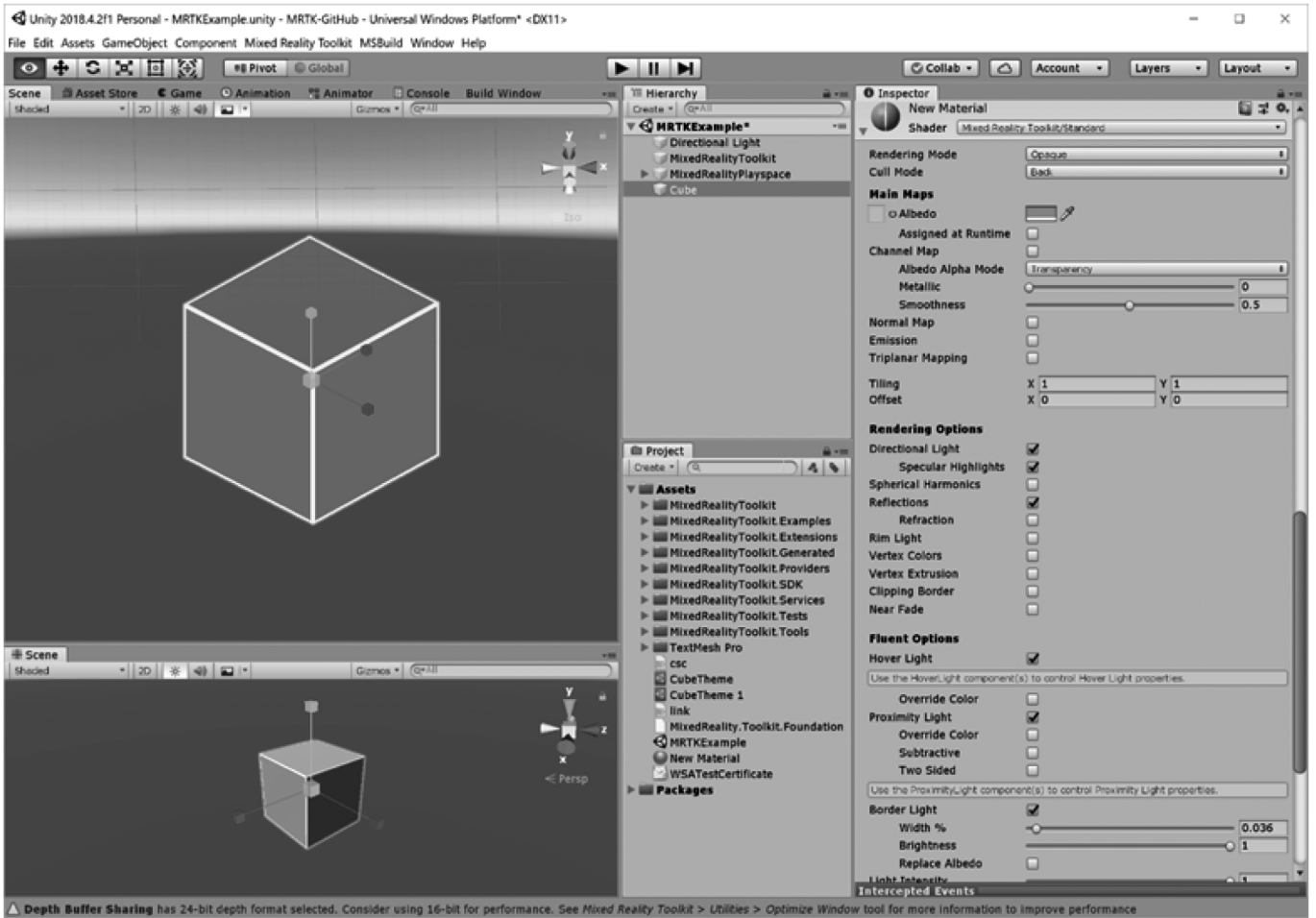


Рис. 3. Прототип модели в среде разработки Unity

На этапе разработки прототипа игры первоначально было принято решение воспользоваться внутренними возможностями движка Unity и выполнять вращение модели, основываясь на векторах и изменении параметров кватернионов игровой модели.

Кватернион представляет собой вращение на определенный угол вокруг произвольной оси. Любое вращение в Эйлеровом пространстве можно задать с помощью кватерниона.

В Unity вращения также задаются в кватернионах (Quaternion) не смотря на то, что есть доступ к Эйлеровым углам. Эйлеровы углы вычисляются из кватерниона при чтении и из Эйлеровых углов создается кватернион при присвоении.

Самое большое преимущество кватернионов — интерполяция. Кватернионы могут интерполироваться с помощью сферической линейной интерполяции (SLERP). Данный вид интерполяции позволяет найти кратчайший поворот на поверхности сферы.

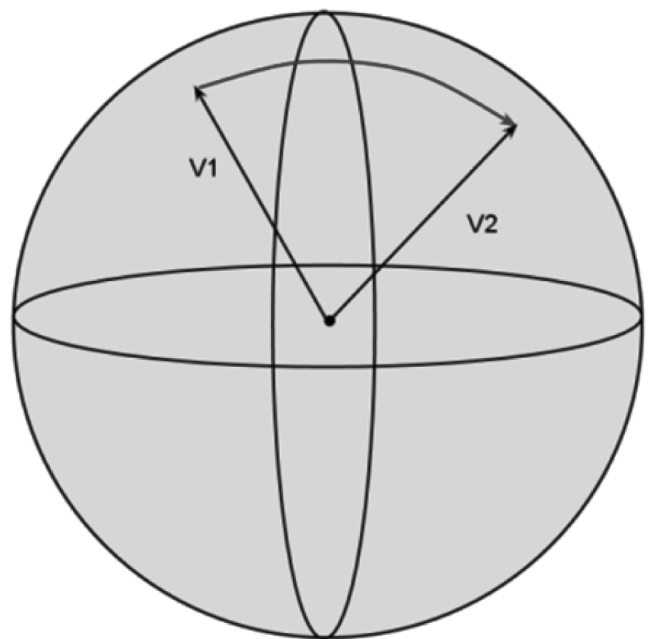


Рис. 4. Сферическая линейная интерполяция

После нескольких неудачных попыток интеграции данного метода в наш концепт мы заметили, что созда-

ние анимации подобным способом негативно влияет на производительность приложения, а также требует углубленного изучения применения кватернионов на основе игрового движка Unity при острой нехватке подходящей пояснительной документации. Тогда нами были выдвинуты следующие тезисы, которые в дальнейшем перешли в условия и ограничения для поиска решений подобных задач:

1. Метод создания анимации в масштабах конкретного проекта должен быть оптимальным с точки зрения производительности, по сравнению с аналогами;
2. Метод анимирования должен быть простым и интуитивно понятным для полноценного и качественного интегрирования в программный код приложения;
3. Метод анимирования должен быть точным и не допускать высоких погрешностей при вычислении позиций модели для минимизации появления ошибок как в программной, так и визуальной части приложения;

На основании данных условий было принято решение о поиске математической интерпретации требуемой анимации, который не требовал бы много ресурсов и усложнения программного кода или подхода к конкретной реализации приложения. В дальнейшем полученный метод был совмещен с векторным методом, что дало оптимальный вариант решения, удовлетворяющий условиям проекта.

В качестве базиса была рассмотрена модель вращения квадрата по касательной окружности относительно

центра квадрата. В этом случае нижний угол квадрата (она же нижнее ребро трехмерной модели) является центром вращения, а остальные вершины квадрата перемещались в условиях жесткого сцепления с центром вращения и геометрическим центром самого квадрата.

Расчет модели перемещения квадрата производился на основе двух положений: исходного и срединного, когда геометрический центр квадрата находится ровно вертикально над центром описанной им окружности. Далее были введены номинальные размеры, где:

a — длина ребра квадрата,

R — радиус окружности, описанной геометрическим центром квадрата при вращении.

Геометрический центр квадрата был целенаправленно взят определяющей точкой, так как именно относительно него в дальнейшем будет проще построить вращение трехмерной модели в одной плоскости, учитывая перемещения всех вершин игрового куба.

После построения геометрической схемы предполагаемой анимации мы произвели вывод формулы, в которой значение координаты Y в двумерной системе прямо зависит от текущего значения координаты X . Координата X , в свою очередь, зависит от желаемого времени изменения положения кубика, что позволяет легко регулировать скорость течения анимации. Итогом мы получили систему вида

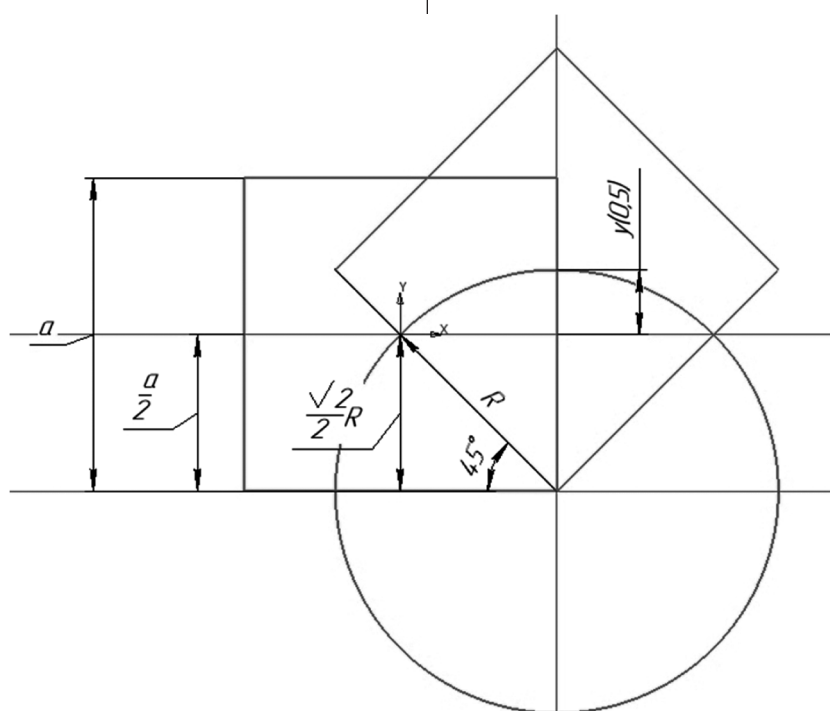


Рис. 5. Геометрия перемещения игровой модели

```
void CubikMove(){
    if (Направ == 1) {
        //righth
        x = Mathf.Lerp (0, 1, t);
        y = Mathf.Sqrt (0.5f - ((x - 0.5f) * (x - 0.5f))) - 0.5f;
        transform.position = new Vector3 (GhostX.x + x, y, transform.position.z);
    }
}
```

Рис. 6. Полученная формула в программной интерпретации

$$\begin{cases} x = x(t), \text{ где } x = 0..1 \\ y = \sqrt{0.5 - (x - 0.5)^2} - 0.5 \end{cases}$$

Полученное выражение было перенесено в программный код и в дальнейшем протестировано на прототипе, где формула продемонстрировала желаемый результат.

Полученный результат оказался искомым и оптимальным как с программной точки зрения, так и с точки зрения визуального отображения перемещения внутри игровой модели.

Опыт в использовании простейших математическим формул мы использовали и в другом нашем проекте, «Sinusoid!». Игра представляет собой двумерную казуальную аркаду, в которой нужно управлять точкой. Задача игрока — уворачиваться от враждебных объектов.

Расчет перемещения точки происходит по функции синуса, от одной стороны экрана к другой по оси X. При нажатии на экран точка начинает движения по оси Y.

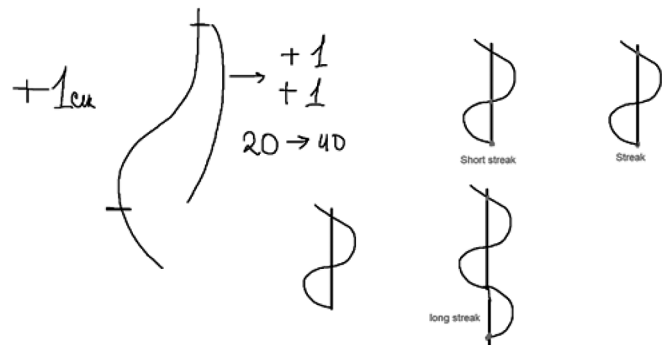


Рис. 7. Прототип механики Sinusoid!

Благодаря этой простейшей функции математики получился весьма затягивающий геймплей, который позволяет возвращаться игроку снова и снова.

Работа выполнена при поддержке Хабаровского отделения регионального научно-образовательного центра «Дальневосточный центр математических исследований» (договор с Минобрнауки от 16 февраля 2023 г. № 075-02-2023-932)

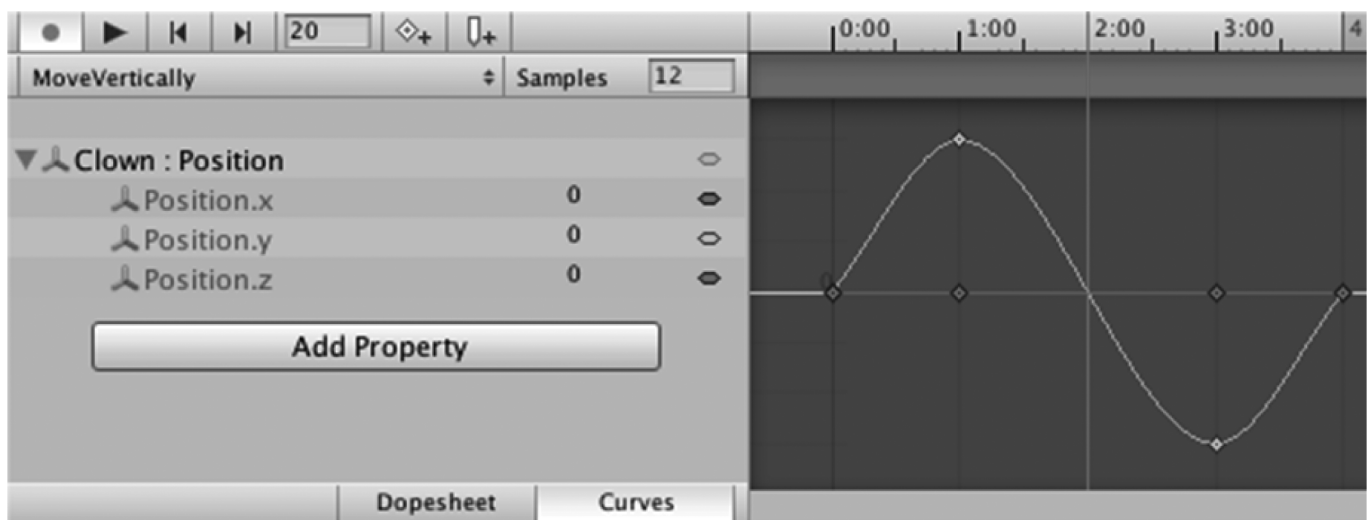


Рис. 8. Прототип функции в среде разработки Unity

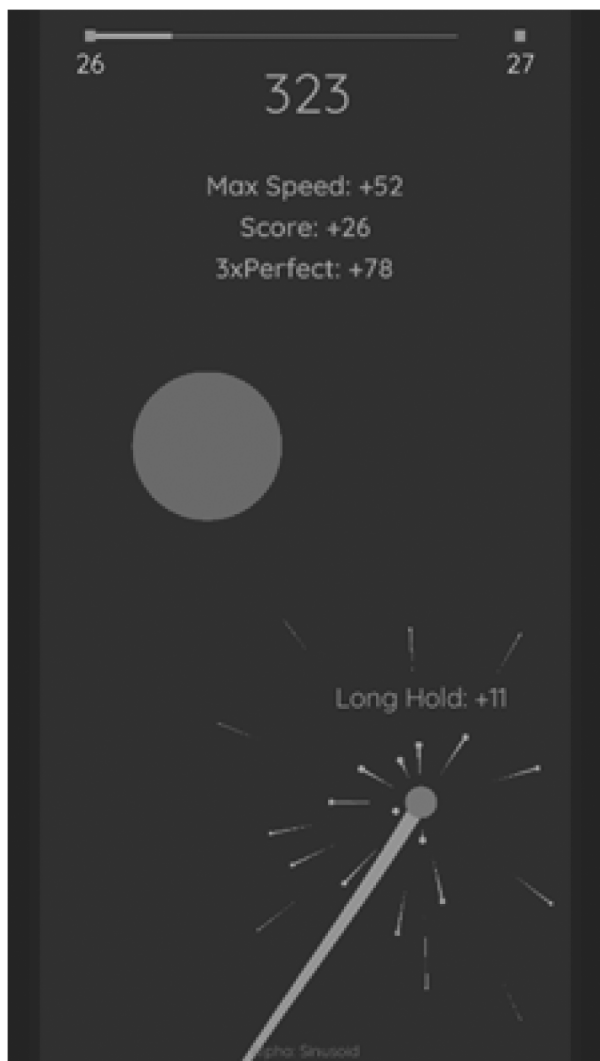


Рис. 9. Изображение геймплея Sinusiod!

Вывод

Таким образом, на собственном опыте была изучена возможность использования простейших математических функций и геометрических зависимостей в разработке видеоигр. Благодаря использованию математических функций мы оптимизировали проект, для более быстрого отклика приложения для мобильных устройств, упростили вид программного кода для упрощения будущих изменений в приложении и сделали достаточно интересный геймплей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математика в Gamedev по-простому. Векторы и интегралы [Электронный ресурс] Режим доступа: [<https://habr.com/ru/post/430146/>]
2. Официальный сайт UNITY [Электронный ресурс] Режим доступа: [<https://unity.com/ru>]

© Кузминский Кирилл Витальевич (2017100693@pnu.edu.ru), Ряйсянен Татьяна Николаевна (000512@pnu.edu.ru);
Уленгова Татьяна Георгиевна (000516@pnu.edu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ТРАФИКА ДАРКНЕТА ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ IOT С ПОМОЩЬЮ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

ANALYSIS OF IOT MALWARE DARKNET TRAFFIC USING ASSOCIATIVE RULES

**A. Kulikov
Y. Kravtsova
A. Platoshin**

Summary: This research paper examines the issues of cybersecurity in the context of the development of information technology and the Internet of Things (IoT — Internet of Things). Due to the increasing frequency of cyber-attacks in today's world, including the use of malicious software Mirai for IoT, it is necessary to develop mechanisms to detect cyber-attacks occurring on the Internet. Thus, the paper proposes the use of an anonymous network to detect cyber-attacks, as it is a system of virtual tunnels in which packets are generated by malware. Statistical methods and associative rule learning are used to analyze the behavior of scanning attacks based on the packets observed in the Darknet. Particular attention is paid to TCP SYN packets that characterize scanning attacks. The paper discusses the principles of anonymous networking, IP addresses, and the characteristics of the Mirai malware for IoT. The basic concepts used in finding associative rules, such as support and confidence, are also discussed, and the FP-Growth/FP-tree algorithm is proposed for finding such rules. A large set of TCP SYN packets collected by the NICT/16 Darknet sensor was used to evaluate the proposed method. The results show that the proposed method is efficient and can be used to find associative rules in large databases. The algorithm parameters and strategies for determining them to obtain the best results are also discussed. The research can be useful for developing new mechanisms for detecting cyber-attacks and improving cybersecurity.

Keywords: DarkNet, Cyberattacks, Mirai, analysis using associative rule learning, darknet, anonymous network, IoT.

Куликов Александр Анатольевич

К.т.н., доцент, РТУ МИРЭА, Москва, Россия

kulikov_aa@mirea.ru

Кравцова Екатерина Юрьевна

РТУ МИРЭА, Москва, Россия

9067320378@mail.ru

Платошин Александр Игоревич

РТУ МИРЭА, Москва, Россия

sasaplatochin@gmail.ru

Аннотация: Исследовательская работа рассматривает вопросы кибербезопасности в контексте развития информационных технологий и интернета вещей (англ. IoT — Internet of Things). В связи с участвующими кибератаками в современном мире, в том числе с использованием вредоносного программного обеспечения Mirai для IoT, необходимо разработать механизмы, позволяющие обнаруживать кибератаки, происходящие в Интернете. Таким образом, в статье предлагается использовать анонимную сеть для обнаружения кибератак, так как она представляет собой систему виртуальных туннелей, в которой пакеты генерируются вредоносными программами. Для анализа поведения сканирующих атак на основе пакетов, наблюдаемых в Даркнете, используются статистические методы и обучение по ассоциативным правилам. Особое внимание уделяется пакетам TCP SYN, характеризующим атаки сканирования. В статье рассматриваются принципы работы анонимной сети, IP-адреса, а также характеристики вредоносного ПО Mirai для IoT. Также рассматриваются основные понятия, используемые при поиске ассоциативных правил, такие как поддержка (support) и достоверность (confidence), а также предлагается использовать алгоритм FP-Growth/FP-tree для поиска таких правил. Для оценки предложенного метода использовался большой набор пакетов TCP SYN, собранных с помощью датчика Даркнета NICT/16. Результаты показали, что предложенный метод эффективен и может быть использован для поиска ассоциативных правил в больших базах данных. Также обсуждаются параметры алгоритма и стратегии их определения для получения наилучших результатов. Исследование может быть полезно для разработки новых механизмов обнаружения кибератак и повышения уровня кибербезопасности.

Ключевые слова: Даркнет, кибератаки, Mirai, анализ с использованием обучения по ассоциативным правилам, темная сеть, анонимная сеть, IoT.

Введение

Актуальность темы защиты входящего и выходящего трафика в сети обусловлена растущим числом устройств Интернета вещей (используется стандартное сокращение IoT) и их потенциальной уязвимостью перед кибератаками. Даркнет (англ. DarkNet) — является скрытой и анонимной сетью, внутри которой устанавливаются соединения только между доверенными пирами, используя нестандартные протоколы и порты. Анонимная сеть является системой не связанных между собой виртуальных туннелей, которые предоставляют передачу данных в зашифрованном виде. Главным отличием данной сети от других распределённых

одноранговых сетей является то, что файлообмен происходит анонимно (поскольку IP-адреса недоступны публично), и поэтому пользователи могут общаться без опаски и риска государственного вмешательства. Из-за этого данная сеть часто выступает в роли инструмента для осуществления коммуникации в различные рода подпольях и незаконной деятельности. Термин «анонимная сеть» может иметь более широкое значение, включая описание некоммерческих узлов в интернете, а также относиться к технологиям и коммуникациям в Интернете, которые, в основном, связаны с незаконными действиями или выражением несогласия.

Данная анонимная сеть способствует распространению вредоносных программ, которые атакуют устройства Интернета вещей (англ. Internet of Things) повреждая данные пользователей нанося значительный ущерб. Анализ трафика сети с помощью ассоциативных правил позволяет обнаружить новые типы вредоносных программ и выявить связи между ними, для принятия мер защиты устройств Интернета вещей и данных пользователей. В целом, использование ассоциативных правил для анализа трафика анонимной сети является эффективным способом борьбы с киберугрозами в сфере IoT.

Материалы и методы

Описана работа правил ARL (англ. ARL — метод машинного обучения, в основе которого лежат правила обнаружения связей между переменными в большой базе данных). Использованы алгоритмы нахождения правил в значениях (itemsets) FP-Growth/FP-tree (англ. Frequent Pattern-Growth/Frequent-Pattern Tree). Произведена работа с пакетами TCP (англ. Transmission Control Protocol) и SYN (англ. Synchronize Sequence Numbers).

Литературный обзор

На сегодняшний день, «Вредоносные программы (ВП) совершенствуются с опережением антивирусных средств (АВС), поэтому требуется разработка технологий защиты информационных систем (ИС) с опережением над средствами нападения. Угрозы от ВП растут [1–3]. Известно множество ВП, они изучаются, классифицируются, формируются базы данных, прогнозируется их развитие и возможный ущерб» [1, с. 50].

Стоит отметить, «Главным преимуществом для тех, кто предпочитает Даркнет (по разным оценкам их число варьируется от 0,1 % до 1 % от всех пользователей интернета), выступает сохранение анонимности пользователей. В техническом отношении такая анонимность достигается за счет использования специальных браузеров TOR (луковых маршрутизаторов), которые не позволяют определить IP-адреса с помощью специальных способов шифрования и туннельной передачи данных. Информация в Даркнете передается в одноранговых сетях без возможности их контроля и перехвата [Biddle, England, Peinado, Willman 2003: 25]» [2, с. 12].

А также, «Хотя устройства Интернета вещей (IoT) приносят пользу во многих аспектах жизни, эти устройства также создают риски безопасности в виде уязвимостей, которые дают хакерам миллиарды новых многообещающих целей. Например, ботнеты использовали недостатки безопасности, характерные для IoT, для получения несанкционированного контроля над сотнями тысяч хостов, которые затем использовали для проведения массовых разрушительных распределенных атак типа «отказ в обслуживании» [3, с. 9].

Сам «Ботнет Mirai состоит из четырех основных компонентов. Бот — вредонос, заражающий устройства и распространяющий «инфекцию» среди неверно сконфигурированных устройств, а потом атакующий сервер-мишень при получении соответствующей команды от ботмастера — человека, управляющего ботами. Управляющий сервер предоставляет ботмастеру интерфейс, позволяющий проверять состояние ботнета и инициализировать новые DDoS-атаки» [4, с. 12].

Принимая во внимание, что «Значение аббревиатуры DDoS происходит от английских слов distributed denial of service, что в переводе на русский язык означает прекращение доступа в обслуживание. Если разбирать досконально, то такая DDoS-атака направлена на вычислительную систему с определенной целью, которая в большинстве случаев заключается в выведении ее из строя или работоспособного состояния» [5, с. 227].

Результаты

Информационные технологии (ИТ) стремительно изменяются с течением времени. Огромное количество людей пользуется новыми преимуществами благодаря цифровым технологиям. В последние годы, в дополнение к этой революции в области ИТ, произошел прогресс в области Интернета вещей (англ. IoT), где различные вычислительные устройства, подключенные к беспроводной сети, способны собирать и передавать данные по ней исключая человеческое участие. Однако, вместе с развитием ИТ и IoT систем, участились кибератаки, использующие новые уязвимости системы, создавая серьезные проблемы в наши дни. В частности, огромное влияние оказало недавнее вредоносное программное обеспечение (ПО) Mirai для IoT.

Mirai — это вредоносная программа типа «Червь» (англ. Worm). Данный тип вредоносного ПО способен копировать себя и распространять по сети, используя уязвимости в системе безопасности. В случае с IoT-устройствами Mirai производила поиск с аналогичной уязвимостью для самовоспроизведения. Злоумышленник манипулирует зараженными IoT-устройствами, как ботами, для проведения распределенной атаки типа «отказ в обслуживании» (англ. DDoS) путем передачи большого количества пакетов на целевые узлы.

Для того, чтобы оперативно справиться с такой крупномасштабной интеллектуальной кибератакой, необходимо сконструировать механизм, способный наблюдать за кибератаками, происходящими в Интернете.

Неиспользуемое адресное пространство анонимной сети является системой виртуальных туннелей, причем не связанных между собой. Считается, что коммуникации между ними не происходит, поскольку в анонимной

сети нет ни одного устройства, но в действительности в систему поступает множество пакетов. Эти пакеты в основном вызваны активностью сканирования или обратным рассеянием ответных пакетов от целевых хостов, на которые направлена DDoS-атака. Именно поэтому можно считать, что пакет, наблюдаемый в анонимной сети, генерируется вредоносными программами. Таким образом, благодаря анализу пакетов анонимной сети можно обнаружить часть кибератак в Интернете.

В данном исследовании производится анализ поведения сканирующих атак на основе пакетов, наблюдаемых в Даркнете. Для анализа будут взяты пакеты TCP SYN, характеризующие атаки сканирования. Производится поиск статистических особенностей в TCP-заголовках этих пакетов, используя обучение по ассоциативным правилам к SYN-пакетам.

Анонимная сеть пользуется доступным пространством, использующим IP-адреса в Интернете. IP-адрес — это уникальный адрес, идентифицирующий устройство в интернете или локальной сети, выражается в виде 32-битных данных. Таким образом существует около 4,3 миллиарда IP-адресов. Однако не все из них назначаются хост-компьютерами. На самом деле, поступает значительное количество пакетов, хотя передача пакетов на неиспользуемый IP-адрес не происходит при обычном подключении к Интернету. Существует две основные причины этого факта: Первая — это сканирующая активность вредоносного ПО, а вторая — это обратное рассеяние, соответствующее ответному пакету, отправленному с целевого хоста, пострадавшего от DDoS-атаки.

Сканирующая атака осуществляет действия, направленные на проверку наличия уязвимости в системе безопасности узла. Фактически, они пытаются подключиться, произвольно или маршрутизируя широкий диапазон IP-адресов и номеров портов назначения, и проверяют состояние узлов назначения, просматривая их ответы. Существует два типа сканирующих атак: сканирование хоста и сканирование порта. Сканирование хоста заключается в назначении диапазона IP-адресов и попытке подключения по порядку, при этом можно узнать, назначен ли определенный хост на IP-адрес. С другой стороны, сканирование порта заключается в проверке того, находится ли порт в коммуникабельном состоянии или нет. Здесь порт — это номер сокета для идентификации прикладной программы, используемой компьютером по протоколам TCP и UDP (англ. User Datagram Protocol — протокол передачи данных, не требующий установки соединения между хостами). Например, при просмотре веб-сайта связь между двумя хостами осуществляется через порт №80.

Существует также несколько типов атак сканирования портов. SYN scan — это атака отправки SYN-пакета

в TCP-коммуникации, которая известна как «Stealth Scan attach», поскольку выполняется без оставления журнала на сервере.

Для того, чтобы произвести анализ анонимной сети для поиска шаблонов трафика конкретной сканирующей атаки, используется обучение по ассоциативным правилам.

Проблема обучения ассоциативным правилам была первоначально предложена в контексте данных о рыночной корзине для поиска часто встречающихся групп товаров, которые покупаются вместе.

Обучение на ассоциативных правилах (англ. Associations rules learning — ARL) представляет из себя довольно часто применимый в реальной жизни и является методом поиска взаимосвязей (ассоциаций) в датасетах, или, если точнее, айтемсетах (англ. itemsets). В целом ARL можно определить как «Кто купил «х», также купил «у»». В основе лежит анализ транзакций, внутри каждой из которых лежит свой уникальный itemset из набора items. При помощи данных алгоритмов ведется поиск тех самых «правил» совпадения items внутри одной транзакции, которые в дальнейшем сортируются по их силе.

Предположим, существует некий датасет (или коллекция) *Dat*, такой, что $dat = dat_0 \dots dat_j$, где *dat* — уникальная транзакция—itemset (например, кассовый чек). Внутри каждой *dat* представлен набор *items* (*i* — *item*), причем в идеальном случае он представлен в бинарном виде:

$$dat_1 = \{ \{Вино: 1\}, \{Вода: 0\}, \{Кола: 1\}, \{...\} \},$$

$$dat_2 = \{ \{Вино: 0\}, \{Вода: 1\}, \{Кола: 1\}, \{...\} \}.$$

Принято каждый itemset описывать через количество ненулевых значений (*k* — *itemset*), например, $\{ \{Вино: 1\}, \{Вода: 0\}, \{Кола: 1\} \}$ является 2 — *itemset*.

Если изначально датасет в бинарном виде не представлен, можно при желании его преобразовать. Таким образом, датасет представляет собой разреженную матрицу со значениями {1,0}. Это будет бинарный датасет. Существуют и другие виды записи — вертикальный датасет (показывает для каждого отдельного item вектор транзакций, где он присутствует) и транзакционный датасет (например, как в кассовом чеке).

Существует целый ряд базовых понятий в ARL:

Support (поддержка):

$$supp(X) = \frac{|\{t \in T; X \subseteq t\}|}{|T|},$$

где X — itemset, содержащий в себе i —items, а T — количество транзакций. В общем виде это показатель «частотности» данного itemset во всех анализируемых транзакциях. Но это касается только X . Нам же интересен скорее вариант, когда в одном itemset встречаются x_1 и x_2 (например). Пусть $x_1 = \{\text{Вино}\}$, а $x_2 = \{\text{Конфеты}\}$, значит нам необходимо посчитать, количество транзакций, в которых встречается эта пара.

$$\text{supp}(x_1 \cup x_2) = \frac{\sigma(x_1 \cup x_2)}{|T|},$$

где σ — количество транзакций, содержащих x_1 и x_2

$$\begin{aligned} \text{supp} &= \frac{\text{Транзакции с вино и конфеты}}{\text{Все транзакции}} = \\ &= P(\text{Вино} \cap \text{Конфеты}) \end{aligned}$$

Confidence (достоверность):

Confidence — показатель частоты срабатывания нашего правила для всего датасета.

$$\text{conf}(x_1 \cup x_2) = \frac{\text{supp}(x_1 \cup x_2)}{\text{supp}(x_1)}.$$

Приведем пример. Допустим, что требуется рассчитать confidence для правила «кто покупает вино, тот покупает и конфеты». Сначала необходимо будет рассчитать support у правила «покупает вино», потом рассчитать его же у правила «покупает вино и конфеты», и поделить одно на другое. Другими словами, будет рассчитано в скольких случаях (транзакциях) будет работать правило «купил вино» $\text{supp}(X)$, «купил конфеты и вино».

$$\begin{aligned} \text{conf}(\text{Вино} \cap \text{Конфеты}) &= \frac{\text{supp}(\text{Вино} \cap \text{Конфеты})}{\text{supp}(\text{Вино})} = \\ &= P(\text{Конфеты} | \text{Вино}) \end{aligned}$$

Существует несколько часто используемых алгоритмов, которые позволяют найти правила в items исходя из перечисленных выше понятий.

Рассмотрим один из них: FP-Growth/FP-tree алгоритм.

FP-Growth (Frequent Pattern Growth) более новый алгоритм, который в первые был описан в 2000 году. FP-Growth предлагает совершенно новый подход — отказаться от генерации кандидатов.

На теоретическом уровне, подобный подход позволит значительно увеличить скорость выполнения алгоритма, при этом используя гораздо меньший объем памяти. Это осуществимо за счет хранения префиксного дерева (tree) в памяти из самих транзакций, а не из комбинаций кандидатов. Также FP-Growth создает таблицу заголовков для каждого item, чей supp выше заданного пользователем.

Основная идея алгоритма FP-Growth может быть описана следующим образом:

- производится сжатие входной базы данных, создавая экземпляр FP-tree для представления часто встречающихся элементов (*frequent items*);
- после первого этапа происходит деление сжатой базы данных на набор условных данных, каждый из которых связан с одним частным шаблоном;
- на данном этапе каждый такой набор данных анализируется отдельно.

В больших базах данных удержание FP-Growth в основной памяти невозможно. Стратегия решения этой проблемы состоит в том, чтобы разделить базу данных на набор меньших баз данных (называемых спроецированными базами данных), а затем построить FP-tree из меньшего набора данных.

Древо частых наборов паттернов (FP-tree) представляет собой компактную структуру данных, в которой хранится количественная информация о частых паттернах в базе данных. Каждая транзакция считывается, а затем сопоставляется с путем в FP-tree. Это делается до тех пор, пока все транзакции не будут прочитаны. Различные транзакции с общими подмножествами позволяют дереву оставаться компактным, поскольку их пути переключаются.

В качестве аргументов принимается набор пакетов TCP SYN и настраиваются два параметра minSup и minConf . Необходимо их определить так, чтобы количество правил было не недостаточным и не избыточным.

Если эти параметры сделать слишком малыми, то может существенно увеличиться время выполнения алгоритма и найдется слишком много ненадежных правил. А если параметры будут слишком большие, то правил может вообще не найтись. Поэтому при первом запуске алгоритма рекомендуется сделать параметры поменьше, чтобы вывести как можно больше правил, а затем постепенно их уменьшать, пока количество правил не станет разумным.

minSup — это минимальная поддержка. Значение поддержки меняется от 0 (когда условие и следствие не встречаются вместе ни в одной транзакции) до 1 (когда условие и следствие во всех транзакциях появляются совместно). В общем случае поддержка является мерой надежности, с которой ассоциативное правило выражает ассоциативную связь между условием и следствием. Если поддержка $S > 0,8$, то связь сильная, а само правило заслуживает доверия. В случае, когда $0,5 < S < 0,8$, ассоциативная связь средняя, а правило следует использовать с осторожностью. При $S < 0,5$ связь слабая, а ассоциативное правило является сомнительным;

minConf — минимальная достоверность. Это показатель, характеризующий уверенность в том, что ассоциация $A \rightarrow B$ является ассоциативным правилом. То есть предположение о том, что появление события A влечёт за собой появление события B, является достаточно достоверным.

Изучение ассоциативных правил может быть выполнено в следующие два этапа:

- поиск часто встречающихся шаблонов, где каждый из наборов элементов будет удовлетворять минимальной поддержке, т.е. встречается по крайней мере так же часто, как minSup;
- генерация сильных ассоциативных правил, где правила, созданные из часто используемых наборов элементов с гарантированной минимальной поддержкой (minSup), должны удовлетворять ограничению минимальной достоверности (minConf).

Для оценки предложенного метода поиска правил использовался большой набор пакетов TCP SYN, собранных с помощью датчика Даркнета NICT/16. Всего было собрано 1.047.500 пакета, которые были отправлены с уникальных хостов. Далее выбирался порт назначения, номер последовательности и размер окна в качестве полей заголовка. Само обучение ассоциативных правил выполнялось для SYN-пакетов Даркнета. В исследовании рассматривались только те ассоциативные правила, поддержка (source hosts) и уверенность которых превышает 2.000 и 90 %.

Предполагаемый метод заключается в том, что обучение ассоциативным правилам может применяться к каждому полю заголовка для выработки полезных правил. Для этого проводилась проверка всех значений каждого поля в заголовках TCP и IP для всех собранных SYN-пакетов и определялся набор транзакций для каждого поля заголовка. Например, сосредоточившись на пяти полях заголовка: «source port», «destination port», «sequence number», «9 flags» и «window size», из собранных SYN-пакетов темной сети были получены три набора транзакций. Затем для каждого набора транзакций проводилось обучение правилам ассоциации. В Таблице 1 представлены полученные ассоциативные правила.

Таблица 1.

Таблица полученных ассоциативных правил

Association rules	Support	Confidence
(1320, 4488) → 792	10051	90.2
(1320, 2476, 4488) → 792	6657	96.0
(1320, 8456) → 792	5885	90.6
(1320, 2376, 8456) → 792	4064	95.8
(1320, 16904) → 792	3329	90.4
(1320, 4488, 8456) → 792	2886	96.3

К полученным данным в данной таблице применялся алгоритм FP-Growth из библиотеки fpgrowth_py. На ассоциативных правилах использовался эмулятор mininet, сначала была создана топология сети с 25 хостами и одновременно использован контроллер RYU (компонентная программно-определяемая сетевая среда). Создан сценарий вредоносных пакетов с помощью Python Scapy Framework с использованием подмены IP-адреса (англ. spoofing attack). Проинициализирован TCP-сервер на узле-жертвы. Произведен одновременный захват синхронных пакетов TCP с помощью Wireshark. С помощью tshark экспортирован файл формата pcap и конвертирован в файл csv.

На Рисунке 1 представлен график ассоциативных правил.

Был выявлен ряд ассоциативных правил, который продемонстрирован в Таблице 1 и на Рисунке 1.

В данной работе был проанализирован метод анализа анонимной сети с использованием обучения по ассоциативным правилам. В предложенном методе, для создания наборов транзакций для ассоциативных правил, использовались не только порты назначения, но и другая информация заголовка TCP/IP.

Обсуждение

В ходе исследования было описано, как различные устройства IoT могут стать жертвами вредоносных программ в Даркнете, в частности, программным продуктом Mirai. Для установления связей между такими программами и устройствами был исследован новый метод отслеживания с использованием ассоциативных правил, которые позволили выявить сходства в поведении Mirai. Для нахождения ассоциативных правил за основу был взят алгоритм FP-Growth, который позволяет увеличить скорость алгоритма при использовании меньшего объема памяти. Был произведен анализ пакетов TCP SYN, для которых были настроены два параметра minSup и minConf. Были выявлены этапы изучения ассоциативных правил.

Решение такой задачи должно способствовать повышению эффективности и точности обнаружения атак на устройства IoT и позволяет предотвратить дальнейшее распространение вредоносных программ в целевых сетях.

Заключение

Таким образом, анализ трафика анонимной сети с использованием ассоциативных правил может использоваться для обнаружения вредоносных программ IoT. Он позволяет идентифицировать потенциальные угрозы

Таблица 1. Полученные ассоциативные правила для размеров окон ТСР.

Правила ассоциации	Поддержка	Доверие [%]
(1320, 4488) → 792	10051	90.2
(1320, 2376, 4488) → 792	6657	96.0
(1320, 8456) → 792	5885	90.6
(1320, 2376, 8456) → 792	4064	95.8
(1320, 16904) → 792	3329	90.4
(1320, 4488, 8456) → 792	2886	96.3

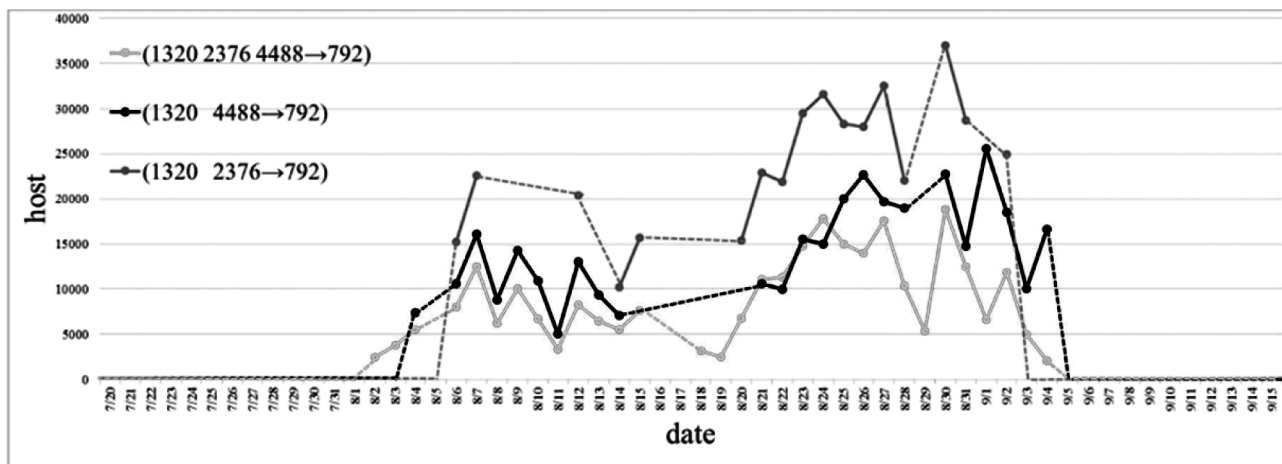


Рис. 1. Таблица полученных ассоциативных правил (Support, Confidence)

и принимать меры по их предотвращению. Кроме того, этот метод может помочь разработчикам устройств IoT усовершенствовать свой продукт, чтобы он не подвер-

гался атакам и не становился источником угрозы для пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павликов С.Н., Коломеец В.Ю., Колесов Ю.Ю., Петров П.Н., Афанасьев Р.К. Метод обнаружения вредоносных программ и их элементов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-obnaruzheniya-vredonosnyh-programm-i-ih-elementov> (дата обращения: 09.05.2023).
2. Васильев, А. Даркнет как ускользящая сфера правового регулирования / А. Васильев, Ж. Ибрагимов, О. Васильева // Юрислингвистика. — 2019. — № 12(23). — С. 10–12. — EDN СВРГЕУ.
3. Оралбаев ЕА. Обнаружения DDoS-атак ботнетов в сетях доступа IoT // Актуальные вопросы современной науки и образования. Монография. Пенза, 2021. С. 190–200.
4. DDoS в Интернете вещей: Mirai и другие / К. Колиас, Г. Камбуракис, А. Ставру, Д. Воас // Открытые системы. СУБД. — 2017. — № 4. — С. 12–15. — EDN ZUVUWV.
5. Кучин, Д. А. DDoS-атаки в лице ботнета Mirai / Д. А. Кучин, Т. Н. Кузнецова // Общество, государство, личность: модернизация системы взаимоотношений в современных условиях: Материалы XVIII Межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Казань, 27 апреля 2018 года / Под ред. А.Н. Грязнова. — Казань: Университет управления «ТИСБИ», 2018. — С. 227–229. — EDN XSFNIL.

© Куликов Александр Анатольевич (kulikov_aa@mirea.ru); Кравцова Екатерина Юрьевна (9067320378@mail.ru);

Платошин Александр Игоревич (sasaplatozin@gmail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНСТРУМЕНТАРИИ МНОГОМЕРНЫХ БАЗ ДАННЫХ

MULTI-DIMENSIONAL DATABASE TOOLS

A. Nazarov
A. Khakhina
Yu. Vlasov

Summary: The article substantiates the basics and definitions of the concepts of the context of a multidimensional data model, a comparative analysis of the technological processes for developing multidimensional data is carried out: their advantages and benefits are revealed. Based on the results of the research, the most optimal technical means and technologies for the implementation of a multidimensional database were identified.

Keywords: multidimensional database, unstructured data, analysis, data storage technologies.

Назаров Артем Александрович

Санкт-Петербургский политехнический
 университет Петра Великого
 nazarov2.aa@edu.spbstu.ru

Хахина Анна Михайловна

д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский
 политехнический университет Петра Великого
 anna-hahina@mail.ru

Власов Юрий Николаевич

д.т.н., профессор, Российская таможенная академия
 pobeda-872vlasov@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены основные понятия и определения из контекста многомерной модели данных, проведен сравнительный анализ существующих технологий разработки многомерной базы данных: выявлены их преимущества и недостатки. В результате исследования выявлены наиболее оптимальные технические средства и технологии для реализации многомерной базы данных.

Ключевые слова: многомерная база данных, неструктурированные данные, анализ, технологии хранения данных.

Введение

В связи с постоянным расширением информационной базы и формированием больших данных в недрах ФТС России появляется потребность в хранении, анализе и обработке все большего числа данных. При этом данные зачастую являются неструктурированными. Многомерная база данных позволяет работать с неструктурированными данными единым образом, проводить качественный анализ и сравнение, а также выявлять зависимости между показателями.

Актуальность исследования обусловлена масштабированием анализа большого количества разнородных данных практически во все сферы жизни общества, а также заполнением освободившегося места после ухода большого числа иностранных программных средств, которые используются для построения многомерной модели данных.

Основные понятия многомерной модели данных

Рассмотрение проблем проведения многомерного анализа данных предполагает обращение к понятию Online Analytical Processing (OLAP). Этот термин служит для того, чтобы описать модель представления данных и технологий их обработки. Условия, которым должны удовлетворять системы OLAP: многомерное представление данных, прозрачность, доступность, неограниченная размерность и число уровней агрегации [4].

В соответствие с многомерным подходом исследуемые данные представляются внутри многомерного аналитического пространства. Зачастую такое представление называют OLAP-кубом или гиперкубом (пример изображен на рис. 1). Измерения (размерности) принято визуализировать в виде ребра многомерного куба, а ячейка — атомарная структура куба, которая соответствует полному набору значений [7].

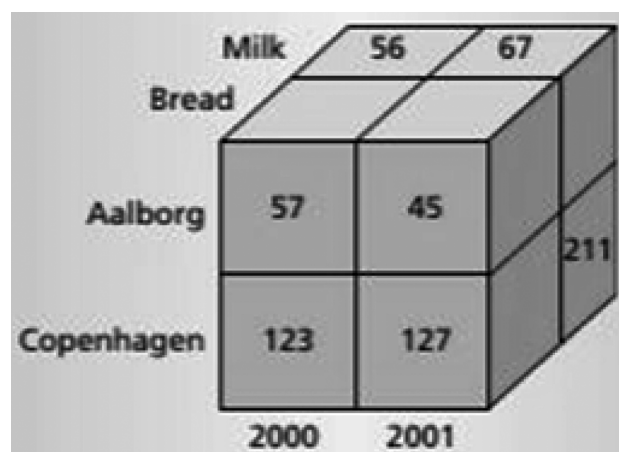


Рис. 1. Пример OLAP-куба

Для визуализации показателей в удобном для восприятия виде в многомерной модели вводятся следующие операции:

1. Поворот.
2. Проекция. При проекции значения в ячейках, лежащих на оси проекции, суммируются по определенному закону.

3. Раскрытие. Одно из значений измерения заменяется совокупностью из следующего уровня иерархии (например, год разбивается на 12 ячеек-месяцев).
4. Свертка. Это операция, обратная раскрытию.
5. Сечение.

Данные при этом организованы в хранилищах соответствующим образом согласно основным технологиям хранения данных.

Основные технологии хранения данных

В научной литературе и практике выделяют 3 технологии хранения данных:

1. Multidimensional OLAP — детальные и агрегированные данные хранятся в многомерной базе данных. Такой способ позволяет работать с данными как с многомерным массивом, благодаря чему скорость вычисления одинакова для любого из измерений. Пример архитектуры приведен на рис. 2.
2. Relational OLAP — классическое хранение данных в виде реляционных таблиц. Трансформация в многомерный вид возможна благодаря исполь-

зованию промежуточного слоя метаданных. Пример архитектуры приведен на рис. 3.

3. Hybrid OLAP — попытка соединить преимущества технологий ROLAP и MOLAP. Исходные данные, по которым проводятся исследования, остаются в реляционной базе данных аналогично ROLAP. Агрегаты (получившиеся результаты) хранятся в многомерной базе данных подобно тому, как это реализовано в технологии MOLAP [6].

Сравнительный анализ технологий хранения данных

1. MOLAP.

К преимуществам технологии MOLAP можно отнести:

- оптимизация запросов благодаря эффективному индексированию;
- возможность анализировать слабо структурированные данные без приведения к единообразному реляционному виду;
- простота отображения — не требуется сложная агрегация и множественные соединения таблиц для получения результирующего набора.

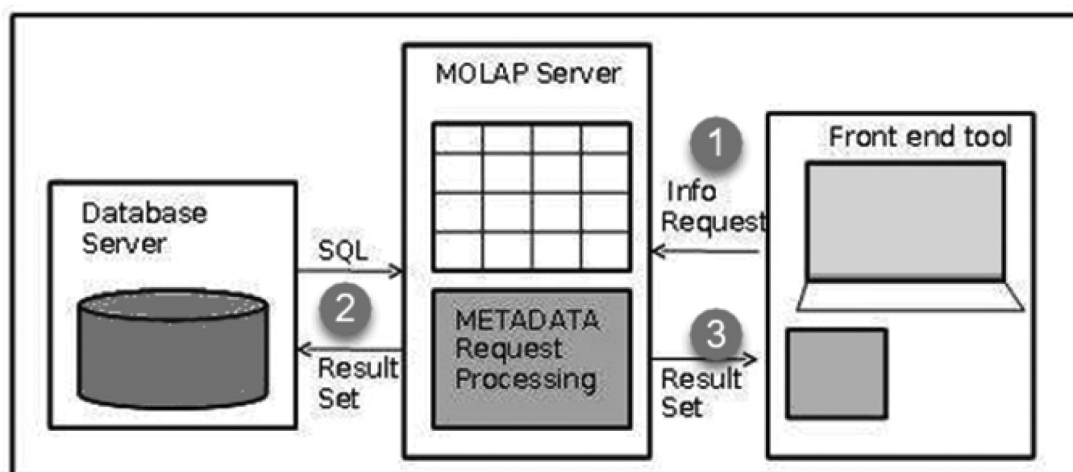


Рис. 2. Пример архитектуры Multidimensional OLAP

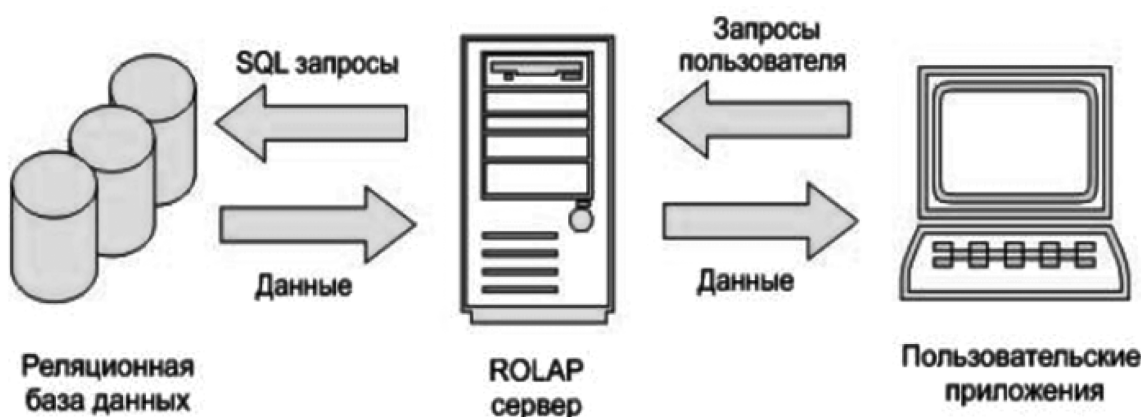


Рис. 3. Пример архитектуры Relational OLAP

К недостаткам можно отнести:

- низкая масштабируемость — со значительным ростом данных значительно усложняется агрегация;
- слабая поддержка разграничения прав.

2. ROLAP.

К основным преимуществам технологии ROLAP можно отнести:

- высокая масштабируемость;
- безопасность — сильная поддержка разграничения прав доступа.

Среди недостатков главный — меньшая производительность по сравнению с MOLAP. Однако, обосновано, что при определенной структуре реляционной базе данных (а именно, организации таблиц в схемы «звезда» или «снежинка») можно получить сравнимые результаты эффективности.

3. HOLAP.

Что касается HOLAP: с одной стороны, эта технология берет преимущество масштабируемости со стороны реляционной организации и оптимизации запросов за счет индексирования со стороны многомерной организации. Однако, подобная технология обладает существенностью как логической, так и технической сложностью, поэтому использование подобных технологий реализовано только самыми мощными программными средствами в области многомерности: продуктов компаний Oracle и Microsoft [5].

Подготовка и трансформация данных

В зависимости от технологии хранения данных (рассмотрены выше) существуют разные способы подготовки и трансформации данных в многомерный вид. В случае реализации технологии MOLAP данные уже хранятся в виде многомерного массива, что позволяет одинаково эффективно обращаться и агрегировать результаты по любым измерениям (как пример, СУБД Greenplum на основе PostgreSQL). Если же выбрать технологию ROLAP с целью добиться лучшей масштабируемости и лучшего разграничения прав доступа — то существуют специальные инструменты-трансформаторы, которые позволяют данные, хранящиеся в каком-либо хранилище, собрать и обрабатывать как многомерный гиперкуб.

На примере технологии ROLAP будет рассмотрен полноценный алгоритм реализации многомерной базы данных:

1. Создание модели данных. Формирование структуры реляционной базы данных.
2. Подготовка данных к обработке. Нормализация реляционной базы данных и приведение схемы к формату «звезда» или «снежинка».

3. Настройка связи между многомерным и реляционным представлением. Создание источника и настройка подключения к базе для создания уровней обобщения и агрегации.
4. Создание каркаса многомерной модели.
5. Визуализация результатов запросов. Визуализировать можно в виде диаграмм или отчетов.

Далее будут рассмотрены средства для реализации алгоритма: будет произведены сравнительные анализы СУБД для хранения и подготовки данных, а также специального программного обеспечения, позволяющего осуществить миграцию данных в многомерный вид.

Сравнительный анализ СУБД для подготовки данных

Для анализа СУБД требуется определить критерии сравнения. Именно по ним и будет происходить выявление преимуществ и недостатков средств друг перед другом. Из рассмотренных Хахиной А. и Бровченко Е. характеристик можно выделить следующие: быстродействие, доступность, отказоустойчивость, кроссплатформенность, наличие аудита и логирования (результаты сравнения приведены в таблице 1) [2].

Таблица 1.

Результаты сравнения БД

СУБД	Быстродействие	Доступность	Отказоустойчивость	Кроссплатформенность	Аудит
PostgreSQL	+/-	+/+	+	+	+
Oracle	+	+/-	+	+	+
MySQL	+/-	+/+	+	+	+
MSSQL	+	+/-	+	+/-	+

Под быстродействием подразумеваются временные характеристики при тестировании запросов UPDATE, SELECT, INSERT. Оценка основана на работе Мишкина А. и Крысина И., где авторы сравнивают скорости работы систем на основе выполнения основных запросов указанного выше формата и выявляют, что Oracle и MSSQL показывают лучшие результаты, чем PostgreSQL и MySQL [1]. Что касается доступности, результат основан на наличии качественной документации на официальном сайте, а также возможности скачать полноценную версию. Критерий является приоритетным, поскольку качественная разработка подразумевает достаточный уровень комплектации системы. По данному критерию лидируют PostgreSQL и MySQL. Все упомянутые СУБД обладают достаточной отказоустойчивостью, кроссплатформенностью (за исключением MSSQL, которая поддерживает только Windows и Linux), все обладают возможностью логирования и аудита.

Сравнительный анализ инструментов для трансформации данных

Для сравнительного анализа инструментов для трансформации данных были выбраны следующие критерии: доступность (возможность установить и подключить по крайней мере пробную версию с достаточным набором функций), скорость формирования гиперкуба для последующей аналитики, наличие стабильной поддержки иерархий и уровней агрегации, универсальность, а также объем места для установки на личный компьютер.

Для сравнения были выбраны следующие инструменты: Microsoft Analysis Services, Oracle Olap, а также российский аналог — ИнфоВизор, включающий в себя средство формирования гиперкуба ИнфоВизор Олар-дизайнер и средство визуализации результатов — ИнфоВизор Web-Аналитик. Кратко комплект и принцип работы ИнфоВизора изображен на рис. 4 [8].

Далее каждый инструмент будет рассмотрен подробнее с детализацией преимуществ и недостатков.

1. Analysis Services — входит в пакет MSSQL. На стороне сервера должна быть установлена СУБД MSSQL, на стороне клиента — VisualStudio и табличный процессор MS Excel. К достоинствам можно отнести сравнительно быстрое формирование гиперкуба. К значительным недостаткам можно отнести отсутствие универсальности в выборе источника данных (помимо баз данных источника Microsoft можно использовать только Oracle), а также необходимый большой объем свободного места на диске (помимо СУБД требуется ставить Visual Studio с доп. модулями).
2. Oracle Olap — является частью СУБД Oracle. Аналогично на сервере требуется наличие соответствующей СУБД, на стороне клиента — специализированного ПО для визуализации и Oracle Java — среды выполнения. Среди достоинств можно отметить также сравнительно быстрое формирование гиперкуба. Что касается недостатков, это все та же неуниверсальность (допускается только 1 источник), а также существует слабая поддержка иерархий (1–2 уровня) [2].

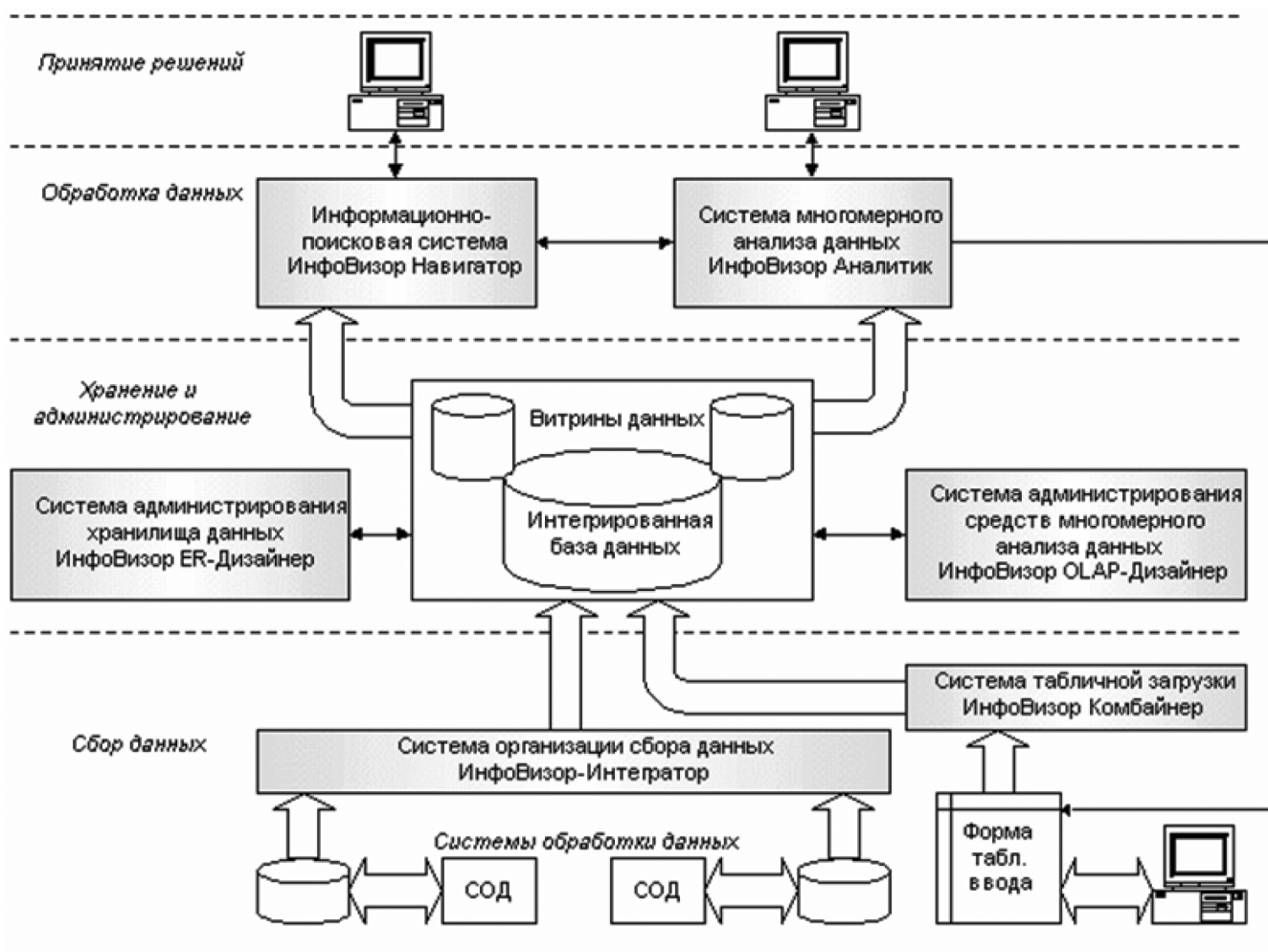


Рис. 4. Комплект и принцип работы ИнфоВизора

3. ИнфоВизор Оlap-дизайнер — средство для трансформации данных из реляционного формата в многомерный с последующей визуализацией компонентами ИнфоВизора. На сервере требуется наличие СУБД, на стороне клиента — достаточно настроенного ИнфоВизора, дополнительных сред или программ устанавливать не требуется. К достоинствам безусловно относится универсальность, отсутствие привязки к конкретной СУБД, на текущий момент уже реализовано подключение к MySQL, PostgreSQL, возможно настроить драйвер и подключиться к другим СУБД (например, Oracle, MsSQL), а также небольшой объем необходимого места на диске для установки. К недостаткам можно отнести меньшую производительность (ориентируюсь на данные из документации, сравнительного анализа с при-

веденными выше инструментами в открытом доступе не было).

Сравнение приводится в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнение БД

ПО	Доступность	Скорость	Поддержка	Универсальность	Место
Analysiservices	–	+	+	–	+-
OracleOlap	–	+	+-	–	+-
ИнфоВизор	+	+-	+	+	+

Очевидно, что по всем основным параметрам опережает другие базы данных ИнфоВизор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишкин А., Крысин И. Сравнительный анализ СУБД при работе с большим объемом информации // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2020. Т. 1, № 3. С. 21–26.
2. Мосин С.В. Методы и алгоритмы формирования многомерных данных с использованием промежуточных представлений / Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.
3. Хахина А., Бровченко Е. Сравнительный анализ СУБД для разработки базы данных предприятия // Заметки ученого. 2022. Т. 1, № 5. С. 127–131.
4. Codd E., Codd S. Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate. — Associates, 1993. 24 p.
5. Park C.-S., Kim M.-H., Lee Y.-J. Usability-based caching of query results in OLAP systems // Journal of Systems and Software. 2003. Vol. 68, no. 2. P. 103–119.
6. Vassiliadis P., Sellis T.A. Survey of Logical Models for OLAP Databases // SIGMOD Record. 1999. Vol. 28, no. 4. P. 64–69.
7. Сайт Национального Открытого Университета. — URL: <https://intuit.ru> (дата обращения: 13.11.2022).
8. Сайт Программного комплекса «ИнфоВизор». — URL: <http://www.infovisor.ivanovo.ru/> (дата обращения: 15.11.2022).

© Назаров Артем Александрович (nazarov2.aa@edu.spbstu.ru); Хахина Анна Михайловна (anna-hahina@mail.ru);
Власов Юрий Николаевич (pobeda-872vlasov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СПАМУ В БЕСЕДАХ ВКОНТАКТЕ

Пиманов Андрей Евгеньевич

Технический институт (филиал)

федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри
epimanov15@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM TO COUNTER SPAM IN VKONTAKTE CONVERSATIONS

A. Pimanov

Summary: The VKontakte social network is known among people engaged in spam mailing as a source of shareware traffic. The reason for this was two factors. Firstly, it is a great substitute for professional targeting. Secondly, the administration of the social network in the fight against spam does only half measures, freezing the pages from which, it comes. Thus, the social network does not fight either the source of spam or its consequences.

At the moment, users who are in group chats with open access for everyone are most often faced with annoying mailing lists. Therefore, effective anti-spam methods are needed to solve this problem.

Keywords: script, algorithm, spam, VK API, PHP, VKontakte.

Аннотация. Социальная сеть ВКонтакте известна среди лиц, занимающихся спам рассылкой, как источник условно-бесплатного трафика. Причиной этому стали два фактора. Во-первых, это отличная замена профессиональному таргетингу. Во-вторых, администрация социальной сети при борьбе со спамом обходится лишь полумерами, замораживая страницы, от которых он исходит. Таким образом социальная сеть не борется ни с источником спама, ни с его последствиями.

На текущий момент пользователи, находящиеся в групповых чатах с открытым доступом для всех желающих, наиболее часто сталкиваются с раздражающей рассылкой. В связи с чем необходимы эффективные методы защиты от спама для решения данной проблемы.

Ключевые слова: скрипт, алгоритм, спам, VK API, PHP, ВКонтакте.

Для создания алгоритма основным средством взаимодействия с ВКонтакте является VK API. VK API — это интерфейс, который позволяет получать информацию из базы данных vk.com с помощью http-запросов к специальному серверу. В качестве исполнителя разработанного алгоритма будет выступать не страница пользователя, а страница сообщества, так как администрация ВКонтакте приветствует размещение различных чат-ботов в сообществах. Именно по этой причине отсюда была убрана капча для подтверждения того, что все манипуляции выполняются не роботом.

На текущий момент во ВКонтакте присутствуют пользовательские решения данной проблемы в виде чат-ботов, но они обладают рядом недостатков. Во-первых, они приносят не всегда желаемый функционал в беседы (упоминания, игры, статистику, модерацию и т. д.). Во-вторых, эффективность противодействия спаму у каждого подобного решения различна, что всегда приводит к возникновению прорех, через которые спам начинает просачиваться. Главной такой прорехой является ограничение на количество запросов к VK API, в связи с чем, ботам с большой аудиторией приходится находить компромиссы между эффективностью и работоспособностью остального функционала.

Ситуация становится значительно сложнее в связи с текущим устройством VK API. Актуальная на данный момент версия 5.131, как и её предшественники имеют ограничения во всех методах, которые могли бы помочь бороться со спамом. Например, в беседу приходит со-

общение, которое можно отметить, как спам, обнаружив в нём соответствующие ключевые слова или ссылки. В данном случае необходимо просто удалить сообщение и исключить пользователя написавшего его с помощью методов messages.delete и messages.removeChatUser соответственно.

Однако есть и другой пример, который не является редкостью. В случае второго варианта идентифицировать спам крайне затруднительно. В беседу также приходит сообщение, но в отличии от первого случая оно не содержит никаких признаков спама и может обладать смысловой нагрузкой. Сразу или в течении нескольких минут автор сообщения редактирует его, добавляя в него ссылки и прочие атрибуты. Таким образом образуется направление, в рамках которого стоит провести работу по обнаружению спама. Первый способ — это отследить сообщение по событию его редактирования, которое можно включить во вкладке «Работа с API» сообщества. Однако, как описывалось ранее всё гораздо сложнее. Данное событие приходит только в личных сообщениях, следовательно, данный способ не подходит. Его отслеживание могло бы стать самым простым и эффективным решением данной задачи. Второй способ — это получение N-ого количества последних сообщений через советуемый метод, но данный способ также не подходит из-за ограничений VK API. При вызове данного метода, результат, который он вернёт не будет содержать необходимой информации. Весь необходимый набор данных метод вернёт только в двух случаях: беседа создана сообществом, от имени которого будет

исполняться алгоритм; история сообщений запрашивается из личных сообщений. У методов используемых в двух данных случаях, существуют аналоги, но каждый из таких аналогов повторяет недостатки предыдущих методов. Доподлинно не известна причина существования подобных ограничений, однако наиболее вероятный повод их появления — сохранение конфиденциальности пользователей.

Третий способ — это получение сообщения по его идентификатору. В отличие от предыдущего способа, запрашивать каждое сообщение достаточно трудозатратно с точки зрения вычислительных ресурсов, а главным ограничением выступит лимит на количество запросов. Лимит на количество запросов в данном случае можно обойти, работая в связке с методом `execute`. Метод выполняет переданный ему VKScript-код, в котором может происходить вызов других API-методов с сохранением и обработкой промежуточных результатов. Язык похож на JavaScript или ActionScript (предполагается совместимость с ECMAScript). Этот подход может быть эффективным для решения проблемы, но в данном материале он не будет рассмотрен подробнее из-за излишнего функционала. Решения поставленной задачи можно достичь, не прибегая к использованию языка программирования VKScript. Это более труднореализуемо, но привносит в алгоритм свои значимые преимущества.

Для реализации проекта был выбран скриптовой язык общего назначения PHP. Благодаря ему взаимодействие с социальной сетью максимально упрощено.

Для хранения параметров взаимодействия с VK API спроектирован класс `Config`, хранящий соответствующие константы и размещённый в файле `config.php`. Таким образом, конфигурационный файл будет выглядеть так:

Листинг 1

```
<?php
class Config
{
    // Параметры взаимодействия с VK API
    const VERSION = 5.131;
    const TOKEN = 'токен сообщества';
    const KEY = 'строка подтверждения';
    const GROUP_ID = 'идентификатор сообщества';
}
```

Для взаимодействия с VK API спроектирован класс `VK` и размещён в файле `vk.php`. Класс `VK` работает с API в формате `Callback API`, как и весь последующий код. Существует и другой подход, носящий название `LongPoll API`. Различие между ними заключается в том, что `LongPoll` получает информацию о произошедших событиях обращаясь к VK API самостоятельно, а `Callback API`

ожидает пока эта же информация придёт к нему от VK API в виде соответствующего запроса. Для высоконагруженных ботов лучше использовать `Callback API`. Для простых проектов лучше подойдёт `LongPoll API`, так как он более дружелюбен к начинающим разработчикам. Класс `VK` будет использовать константы, заложенные ранее в классе `Config`, для этого подключим его с помощью `require_once`. В класс будет включено публичное поле `data` хранящее в себе информацию о пришедшем событии и следующие публичные методы: `call` — дополняет входящий в него набор данных, параметрами для аутентификации, собирает и отправляет полученный JSON запрос на сервера ВКонтакте; `messages_send` — объединяет аргументы необходимые методу VK API используемого для отправки сообщения и после отдаёт их методу `call` класса `VK`. Одного метода `messages_send` для решения поставленной задачи недостаточно, поэтому подобные ему методы, дублирующие его структуру, будут описаны по мере необходимости их включения в алгоритм. Помимо перечисленных методов, класс `VK` содержит конструктор, выполняющий достаточно важную функцию. При инициализации объекта класса, приходящие данные от ВКонтакте будут записаны в публичное поле `data`, что позволит в процессе разработки алгоритма оперативно обращаться к этим данным. Ещё одна важная функция конструктора — подтверждение адреса сервера, которое нужно производить единожды при его подключении к рассылке событий. Таким образом, файл `vk.php` будет выглядеть следующим образом:

Листинг 2

```
<?php
require_once 'config.php';

class VK
{
    public $data;

    public function __construct()
    {
        $this->data = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
        if ($this->data['type'] == 'confirmation') exit($this->key);
        else print('ok');
    }

    // Отправка JSON
    public function call($method, $params = [])
    {
        $params['access_token'] = Config::TOKEN;
        $params['v'] = Config::VERSION;
        $url = 'https://api.vk.com/method/' . $method . '?' . http_build_query($params);
        $curl = curl_init($url);
        curl_setopt($curl, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true);
```

```

$json = curl_exec($curl);
curl_close($curl);
return json_decode($json);
}

public function messages_send($peer_id, $message)
{
return VK::call('messages.send', [
'random_id' => rand(),
'peer_id' => $peer_id,
'message' => $message
]);
}
}

```

Последний класс в данном проекте служит для хранения вспомогательных методов, которые не организуют взаимодействие с VK API, а лишь упрощают повторное использование кода. В класс включён метод для получения строки, построенной таким образом, чтобы при её вставке в текст сообщения, пользователю приходило уведомление о том, что его упоминали по имени и фамилии. Получить имя и фамилию пользователя можно только оснастив класс VK методом users_get, собирающим и объединяющим данные для соответствующего метода VK API. Данный класс будет размещён в файле set_functions.php и будет выглядеть следующим образом:

Листинг 3

```

<?php

class SetFunctions
{
    public $vk;

    public function __construct($vk)
    {
        $this->vk = $vk;
    }

    public function getFullNameWithNotification($user_id):
string
    {
        $users_get = $this->vk->users_get($user_id, "");
        return '[id' . $user_id . '|' . $users_get->response[0]->first_
name . '|' . $users_get->response[0]->last_name . '|]';
    }
}

```

Первая часть алгоритма размещена в файле index.php и работает с приходящими событиями от ВКонтакте. Сначала в скрипт подключаются файлы классов VK и SetFunctions, сразу же после этого инициализируются их объекты. Создаётся подключение к базе данных. Проверяется тип события, записанный в поле data клас-

са VK. Если это новое сообщение, алгоритм продолжит работу с пришедшими данными, в противном сценарии выполнение скрипта завершится. В первом случае идентификатор беседы, идентификатор пользователя и текст будут записаны в соответствующие переменные для удобного доступа к ним. Предварительно текст будет приведён к нижнему регистру для упрощения поиска ссылок в сообщении. После следует проверка на источник сообщения и на не отрицательность идентификатора отправителя. Проверять источник сообщения необходимо чтобы отличить переписку в беседе, от переписки в личных сообщениях, а не отрицательность идентификатора отправителя для того, чтобы отличить пользователя от сообщества. Если источник беседа, а отправитель сообщения человек, следует из страницы отправителя извлечь дату регистрации страницы. Для этого нужно получить XML содержимое по адресу 'https://vk.com/foaf.php?id=ИДЕНТИФИКАТОР_ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ' и извлечь данные между <ya:created dc:date=> и <. Полученную информацию можно привести к времени в формате UNIX time с помощью strtotime(). На данном этапе проверяется наличие ссылок в сообщении и дата регистрации страницы ВКонтакте. Любая страница, созданная в течении двух недель, вероятно была создана с целью рассылки спама. Если страница создана в течении двух недель, а полученное сообщение содержит ссылки, то сообщение, содержащее спам будет удалено, а его отправитель исключён из беседы. Также будет отправлено сообщение об обнаружении спама. Чтобы совершить первые два действия необходимо в класс VK добавить методы messages_delete и messages_remove_chat_user, ссылающиеся на соответствующие методы VK API. Если последняя проверка не обнаружила признаков спама, информация о сообщении сохраняется в базе данных.

Для хранения информации о сообщениях потребует-ся всего одна таблица 'protection' в любой выделенной для реализации проекта базе данных. Структура таблицы выглядит следующим образом:

Столбцы	Тип данных	Описание
ID	int	Номер записи
peer_id	int	Идентификатор источника сообщения (беседы)
user_id	int	Идентификатор пользователя в социальной сети ВКонтакте
conversation_message_id	int	Идентификатор сообщения
Time	int	Время отправки сообщения в формате UNIX time

Файл protection.php содержит вторую часть алгоритма, которая использует таблицу, заполненную первой его частью. Вторая часть алгоритма вызывается с помощью планировщика. Рекомендуемый интервал вы-

полнения скрипта — каждую минуту. Сначала в скрипт подключаются файлы классов VK и SetFunctions, сразу же после этого инициализируются их объекты. Создаётся подключение к базе данных. Из таблицы 'protection' извлекаются все идентификаторы бесед, которые были записаны первой частью алгоритма. Необходимо выбрать только уникальные идентификаторы, поэтому данные в столбце peer_id запрашиваются с помощью оператора DISTINCT. Каждый полученный идентификатор обрабатывается в порядке, описанном далее. Для полученного идентификатора запрашивается список участников с дополнительной информацией — полем deactivated. Это поле определяет, была ли заблокирована страница пользователя. Чтобы запросить список участников необходимо добавить соответствующий метод messages_get_conversation_members в класс VK. Получив список участников, необходимо перебрать его для поиска заблокированных страниц. Для каждой найденной страницы необходимо запросить из таблицы 'protection' все записи содержащие идентификаторы сообщений, отправленных в беседу этим же пользователем. Все полученные идентификаторы нужно объединить в одну строку используя в качестве разделителя запятую. Используя уже спроектированные методы в классе VK, удаляем все сообщения заблокированного пользователя, исключаем его из беседы и отправляем сообщение о его подозрительном поведении. После выполнения перечисленных действий, из таблицы удаляем все записи о найденном пользователе в конкретной беседе и выходим из самого

первого цикла перебора. Последним действием после выхода из цикла, является очистка таблицы 'protection' от записей, добавленных более двух часов назад.

Суть второй части алгоритма заключается в поиске участников, заблокированных в социальной сети и удалении их из беседы, а также всех их сообщений отправленных в течении двух последних часов. В основе принципа работы данной части алгоритма лежит механизм борьбы со спамом ВКонтакте. Любая страница, которая участвует в рассылке спама через небольшой промежуток времени подлежит блокировке. Однако ВКонтакте не чистит оставшийся после блокировки пользователя спам. Вторая часть скрипта находя заблокированные страницы занимается чисткой спама.

В данном материале была рассмотрена реализация алгоритма для противодействия спаму в беседах ВКонтакте. Преимуществами данного скрипта можно считать высокую точность в идентификации спама, а также соответствие стандарту оформления кода PSR. Данный алгоритм быстро избавляется от явного спама, однако обладает одним недостатком — для удаления спама в неявных его проявления необходимо дожидаться блокировки страницы со стороны ВКонтакте, что может занять до 20 минут с момента его появления. При наличии специальных навыков по работе с PHP, SQL и базами данных, модификация скрипта не должна быть затруднительной. С кодом проекта можно ознакомиться на GitHub.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный веб-сайт «ВКонтакте», раздел «Для разработчиков» [Электронный ресурс]. URL: <https://dev.vk.com/reference> (дата обращения: 04.02.2022).
2. Официальный веб-сайт «php.net», раздел «Руководство по PHP» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.php.net/manual/ru/index.php> (дата обращения: 04.02.2022).
3. Карпова И.П. Базы данных. — М.: Питер, 2013. С. 3–31.
4. Кузнецов М.В., Симдянов И.В. Самоучитель PHP 7. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. С. 143–151.
5. Джеймс Р. Грофф, Пол Н. Вайнберг, Эндрю Дж. Опель. SQL. Полное руководство. — Вильямс, 2018. С. 95–148.
6. Официальный веб-сайт «GitHub», репозиторий [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/Aiciokizava/algorithm-for-countering-spam-in-VKontakte-conversations>

© Пиманов Андрей Евгеньевич (epimanov15@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КООРДИНАЦИИ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ

DEVELOPMENT OF A PLATFORM FOR THE COORDINATION OF SCIENTIFIC CONFERENCES

A. Pimanov

Summary: An important aspect for the implementation of any project is the choice of optimal solutions, taking into account its features, deadlines and budget. Therefore, the right choice of tools, implementation methods and functional features is the main task to achieve the successful completion of the project.

This article describes the possible implementation of the terms of reference for the development of a platform for the coordination of scientific conferences. The tools and methods that can be used to design such platforms are also presented, a variant of a possible architecture is given and the programming languages used, data storage methods and interfaces are considered.

Keywords: website, PHP, CSS, JavaScript, JSON, AJAX.

Согласно техническому заданию, разрабатываемый сайт должен являться агрегатором научных конференций, предоставлять посетителям возможность подавать заявки на участие в интересующих их научных конференциях, а также изменять или отменять поданные заявки. К перечисленному функционалу, прилагается и сопутствующий, который будет описан ниже.

Хороший дизайн помогает улучшить восприятие информации, повышает уровень доверия к сайту и его авторам, а также улучшает пользовательский опыт. Для поставленной задачи, дизайн сайта можно было сверстать с помощью многочисленных конструкторов, однако можно пойти и более сложным путём — воссоздать внешний вид сайта, используя непосредственно язык гипертекстовой разметки HTML, язык стилей CSS и язык программирования JavaScript. Такой подход является более правильным для практикующихся разработчиков.

Элементы управления — это элементы пользовательского интерфейса, с которыми пользователи взаимодействуют. Элементы управления можно спроектировать самостоятельно или использовать уже имеющиеся. Найти их достаточно просто. Существует множество ресурсов, где приводится не только реализация таких элементов, но и их исходный код. При включении подобных элементов в свой проект, велика необходимость добавления в код проекта вспомогательных инструментов. В роли таких инструментов могут выступать различные библиотеки и фреймворки. Например, для реализации

Пиманов Андрей Евгеньевич
Технический институт (филиал)
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри
epimanov15@gmail.com

Аннотация. Важным аспектом для реализации любого проекта является выбор оптимальных решений, с учётом его особенностей, сроков и бюджета. Поэтому, правильный выбор инструментов, способов реализации и функциональных особенностей, является главной задачей для достижения успешного завершения проекта.

В данном материале описана возможная реализация технического задания по разработке платформы для координации научных конференций. Так же представлены инструменты и способы, которые могут быть использованы для проектирования подобных платформ, приведён вариант возможной архитектуры и рассмотрены используемые языки программирования, методы хранения данных и интерфейсы.

Ключевые слова: сайт, PHP, CSS, JavaScript, JSON, AJAX.

данной платформы потребовалось включить Bootstrap и Tailwind CSS.

Bootstrap — это бесплатный набор инструментов, который содержит в себе готовые шаблоны HTML и CSS для различных компонентов веб-интерфейса, таких как типографика, веб-формы, кнопки, метки, блоки навигации и так далее.

Tailwind CSS — это фреймворк CSS, который отличается от других, таких как Bootstrap, тем, что не предоставляет готовых наборов классов для элементов. Вместо этого он создает уникальный список «утилитарных» классов CSS, которые можно применять для стилизации каждого элемента, путем комбинирования и наложения этих классов.

Данные инструменты оказались полезными в проекте и после того, как были добавлены элементы управления, которые требовали их использования. Главная их польза выражалась в заготовленных CSS классах, позволяющих не дублировать повторно стили в других файлах CSS.

С текущим набором языков, фреймворков и библиотек можно реализовать главную страницу сайта. Данная страница должна содержать шапку, блок расписания и блок с информацией о выбранной конференции. Шапка должна содержать логотип, меню поиска и набор кнопок. Для того чтобы придать веб-странице желаемый

мое поведение, необходимо применять язык программирования JavaScript. Данный язык также понадобится для взаимодействия с невидимой пользователю частью сайта, отвечающей за его логику и хранение данных. Существенно облегчить реализацию выполняемых языком задач поможет библиотека JQuery. Данная библиотека представляет из себя набор функций JavaScript, фокусирующихся на взаимодействии с JavaScript и HTML. Библиотека JQuery помогает легко получать доступ к любому элементу гипертекстовой разметки, обращаться к атрибутам и содержимому элементов и манипулировать ими. Главным её преимуществом является то, что она способна предоставить удобный API для работы с AJAX позволяющим в фоне производить обмен данными между браузером и веб-сервером. Иначе говоря, можно производить такой обмен данными, не прибегая к перезагрузке веб-страницы.

Связка JavaScript и JQuery нашла своё применение в программировании элементов пользовательского интерфейса. К ним относятся кнопки, выводящие дополнительную информацию или вызывающие формы ввода данных, предварительно очищающих их поля, а также прочие поля ввода информации.

Однако привнесённых возможностей недостаточно для функционирования платформы. Необходимо организовать работу с данными которыми браузер и веб-сервер будут обмениваться. Организовать эту работу со стороны веб-сервера поможет С-подобный скриптовый язык общего назначения, интенсивно применяемый для разработки веб-приложений — PHP. Существует множество языков программирования, которыми можно было бы заменить PHP для решения рассматриваемой задачи. Однако в отличии от любого другого претендента на роль PHP, его поддержка наиболее вероятно не будет реализована на хостинге. В настоящее время PHP поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров.

С помощью PHP для данного проекта можно реализовать свой API, который будет принимать POST запросы, обрабатывать их и впоследствии возвращать результаты их выполнения. API (Application Programming Interface) — это набор определенных правил, протоколов и инструментов, которые позволяют разным приложениям и сервисам взаимодействовать между собой и обмениваться данными. Чтобы различать запросы между собой, каждый входящий POST запрос можно комплектовать полем type, а сопутствующие данные вкладывать любым удобным образом.

Для хранения данных, необходимо развернуть СУБД (систему управления базами данных). Любой хостинг-провайдер, предоставляющий услуги хостинга по умолчанию, включает в тарифы развёрнутую СУБД. Поэтому

разработчику остаётся лишь приступить к проектированию базы данных. База данных рассматриваемого проекта должна содержать таблицу для хранения проводимых конференций. Её структура выглядит следующим образом:

Наименование	Тип данных	Описание
ID	int	Номер записи в таблице, полю задан первичный ключ.
name	varchar(500)	Название конференции.
city	varchar(60)	Город проведения конференции.
place	varchar(500)	Место или адрес проведения конференции.
start	int	Дата начала конференции в формате Unix time.
end	int	Дата окончания конференции в формате Unix time.
description	text	Описание конференций.
events	json или longtext	Список одобренных заявок на участие в конференции.
applications	json или longtext	Список поданных заявок на участие в конференции.
information_letter	json или longtext	Список информационных писем, содержащих информацию об изменениях в проведении мероприятия.

Главными полями для списков events и applications являются: название доклада; авторы; наименование вложения. Для списка information_letter этими полями являются заголовок письма и его содержимое. В дополнении к списку events включается поле time хранящее время в формате Unix time.

Ещё одним необходимым инструментом, которым обязательно необходимо овладеть для разработки подобных решений — SQL. SQL (Structured Query Language) — это язык программирования, который используется для управления реляционными базами данных. SQL позволяет создавать, изменять и управлять базами данных, включая хранение, извлечение и обновление данных. Без данного инструмента, осуществить эффективную работу с данными невозможно.

При загрузке главной страницы, JavaScript используя AJAX отправляется POST запрос для получения списка научных конференций. Запрос комплектуется полем type со значением get_conferences. Со стороны веб-сервера данные извлекаются из базы данных, сортируются, время из Unix time переводится в привычный формат для пользователя и в завершении все данные собираются в JSON и возвращаются обратно. Из возвращённого JSON формируются блоки с конференциями

в виде расписания. Для получения подробной информации о конференции, следует спроектировать ответ для запроса со значением поля type — get_conference_detail. Данный запрос, получая идентификатор конференции должен возвращать список участников, заявок (при наличии авторизации) и список информационных писем (вне зависимости от наличия авторизации). Реализация и назначение личного кабинета будет рассмотрены ниже. Все данные списки будут вложены в один возвращаемый JSON запрос после сортировки. Полученные от веб-сервера списки будут реализованы в соответствующих блоках в виде списков.

Рассматриваемая платформа не может обойтись без форм для сбора информации. Формы состоят из нескольких элементов, включая поля ввода текста, флажки, кнопки и так далее, которые позволяют пользователю заполнить информацию и отправить её на сервер. Первая форма, которую встретит пользователь на главной странице сайта, необходима для подачи заявки на участие в выбранной конференции. Наличие текстовых полей ввода в данной форме обязательно. При помощи AJAX все поля придут в виде POST запроса, к которым легко можно будет получить доступ через суперглобальный массив. Трудности заключаются в обработке полей для загрузки вложения, так как к ним выдвигается больше требований. Чтобы пользователь при отправке вложения, не подходящего по выставленным критериям, не ожидал результатов проверки файла от веб-сервера — необходимо реализовать аналогичную проверку со стороны пользователя средствами JavaScript и JQuery. Загружаемый файл согласно техническому заданию не должен по объёму превышать 4 Мб и обязательно должен носить расширение pdf. Для отправки формы общий вид JavaScript кода будет выглядеть так:

Листинг 1

```
$(«наименование формы»).submit(function (e) {
    e.preventDefault();
    if ($('#наименование поля ввода для загрузки файлов').
        get(0).files.length !== 0) {
        var fileInput = $('#наименование поля ввода для загрузки
        файлов');
        var fileSize = fileInput[0].files[0].size;
        if (fileSize > 4 * 1024 * 1024) {
            return;
        }
        var form_data = $(this).serialize();
        $.ajax({
            url: 'адрес отправки данных',
            type: 'POST',
            data: new FormData($('#наименование формы')[0]),
            success: function (result) {}
        });
    }
});
```

Выполнение e.preventDefault() позволяет передать данные веб-серверу без перезагрузки страницы. После проверятся наличие вложения. Если оно было прикреплено проверяется его объём. В случае превышения файлом объёма 4 Мб, функция будет предварительно завершена. При этом функция ничего не вернёт. Если ранее перечисленные проверки не приведут к завершению скрипта, все данные с формы будут собраны в переменную form_data и с помощью AJAX отправлены на веб-сервер. В поле success заложена функция, которая выполняется после получения результата от веб-сервера. Для проверки на сервере полученного файла следует выполнить следующий PHP код:

Листинг 2

```
$filename = $_FILES['filename']['name'];
$extension = pathinfo($filename, PATHINFO_EXTENSION);
if (!in_array($extension, Config::ALLOWED_EXTENSIONS)
    or $_FILES['filename']['size'] > Config::MAX_FILE_SIZE or
    !move_uploaded_file($_FILES['filename']['tmp_name'],
    dirname(__FILE__, 2) . '/files' . strrchr($_FILES['filename']
    ['tmp_name'], '/') . '.pdf')) {
    exit("{\"result\": \"error_upload_file\"}");
}
```

Данный код проверит загруженный файл на соответствие расширению pdf и объёму в 4 Мб, также данный код переместит файл в заготовленную директорию к остальным файлам. Если файл не будет соответствовать критериями, выполнение кода прервётся и будет возвращена ошибка о загрузке файла. Полученную ошибку со стороны браузера можно вывести в виде диалогового окна, попросив пользователя проверить файл на соответствие критериям. В случае, когда претензий ни к файлу, ни к содержимому полей для текстового поля нет, необходимо запросить из базы данных список текущих заявок в формате JSON, вставить новую заявку и внести изменённый список в запись соответствующей конференции.

Большинство форм и их методов обработки данных со стороны веб-сервера устроены схожим образом с рассмотренной только что реализацией. Такими формами являются: добавление конференции; редактирование конференции; удаление конференции; добавление доклада; редактирование доклада; удаление доклада; одобрение заявки; редактирование заявки; удаление заявки; создание информационного письма; удаление информационного письма.

Перечисленные формы и их методы должны быть доступны только администраторам платформы. Чтобы скрыть и защитить их, необходимо реализовать возможности авторизации. Для решения данной задачи, в базу данных добавлена таблица со следующей структурой:

Наименование	Тип данных	Описание
login	varchar(100)	Логин администратора, полю задан первичный ключ.
password	varchar(100)	Пароль администратора.

На главную страницу добавлена форма авторизации с текстовыми полями для логина и пароля. В PHP скрипт внесена функция поиска администратора по приходящему логину и паролю. В каждый метод из ранее перечисленных, добавлена данная функция, а также спроектирован отдельный метод для формы авторизации содержащий только её. Если в результате выполнения метода найден соответствующий администратор, метод должен вернуть JSON запрос, содержащий информацию о своём успешном выполнении. На стороне пользователя должны быть сохранены логин и пароль как cookies. Cookies — это небольшие текстовые файлы, которые сайт сохраняет на компьютере пользователя. Они используются для хранения некоторой информации о пользователе и его действиях на сайте. Таким образом, можно запомнить логин и пароль, чтобы администратор не вводил его заново каждый раз. Однако теперь требуется при каждой отправке формы, дополнительно комплектовать набор данных логином и паролем взятых из cookies сайта.

На текущем этапе, пользователь может подать заявку на участие в конференции, но стоит предусмотреть возможность редактирования и удаления заявки. При разработке платформы было решено реализовать эту возможность следующим образом, описанным далее. Пользователь при подаче заявки обязательно должен указывать адрес своей электронной почты. Следовательно, чтобы подтвердить, что заявку хочет изменить или удалить именно тот, кто её подал, можно на указанный почтовый адрес отправить кодовое слово и просить пользователя ввести данное кодовое слово. Так как редактирование и удаление существующих заявок устроено достаточно сложно, было принято решение разместить данный функционал на отдельной странице. Данная страница встречает пользователя с формы подтверждения двумя текстовыми полями. Первое используется для ввода адреса электронной почты, а второе для кодового слова. Кодовым словом может быть что угодно и сгенерировать его можно любым удобным способом. Чтобы пользователю пришло кодовое слово, после того как он введёт адрес своей электронной почты, необходимо внедрить в проект PHPMailer. PHPMailer — это библиотека PHP, которая используется для отправки электронных писем из PHP-скриптов. Она предоставляет удобный интерфейс для работы с SMTP-серверами и поддерживает различные методы аутентификации, включая SMTP-аутентификацию, CRAM-MD5, LOGIN и PLAIN. Благодаря широкому набору способов аутентификации, произвести отправку письма можно почти

с любой электронной почты. Сгенерированное кодовое слово необходимо сохранить, чтобы проверить, что введёт пользователь во второе текстовое поле, с тем, что было отправлено на соответствующую почту. Для этого добавлена в базу данных таблица со следующей структурой:

Наименование	Тип данных	Описание
email	varchar(400)	Адрес электронной почты пользователя, полю задан первичный ключ.
code	varchar(6), длина будет зависеть от длины кодового слова	Кодовое слово, которое должен ввести пользователь.
time	int	Время создания кодового слова в формате Unix time. Используется чтобы наделить каждое кодовое слово «сроком жизни».

Если пользователь правильно ввёл кодовое слово, следует организовать для него временное пространство на подобии личного кабинета, в котором он сможет отредактировать или удалить заявки. Главная задача такого подхода — это обеспечить безопасность данных. Поэтому после прохождения авторизации логин и кодовое слово сохраняются как cookies. В данной связке кодовое слово будет выступать в роли пароля. Чтобы сохранить текущую сессию была создана ещё одна таблица в базе данных со следующей структурой:

Наименование	Тип данных	Описание
ID	int	Номер записи в таблице, полю задан первичный ключ.
email	varchar(400)	Адрес электронной почты пользователя.
code	varchar(6), длина будет зависеть от длины кодового слова	Кодовое слово.
time	int	Время создания сессии пользователя в формате Unix time. Используется чтобы наделить каждую сессию «сроком жизни».

Сессии следует удалять через определённое время, чтобы обезопасить данные. Для вышеописанных действий было выделено два метода: первый — отвечал за генерацию кодового слова, создание в таблице новой записи о попытке авторизации, удалении устаревших попыток авторизации и отправку письма; а второй — за проверку кодового слова и создание пользовательской сессии, посредством внесения в соответствующую

таблицу новой записи. В PHP код добавлена функция для проверки существования пользовательских сессий по адресу электронной почты и кодовому слову. Такую функцию содержат все методы, изменяющие данные в таблицах, описанные ниже, чтобы обеспечить безопасность данных.

После авторизации, пользователь должен получить список всех заявок, во всех конференциях в которых он участвует. Для этого можно изменить уже существующие методы или добавить новые. После извлечения из базы данных информации о всех заявках пользователя, следует вывести их в виде списка с соответствующими элементами управления для открытия форм редактирования и удаления заявки. Устройство этих форм, как и их методов может почти полностью совпадать с аналогичными им формами и методами для администраторов. Отличия заключаются в том, что их верификация должна производиться соответствующей функцией, опирающейся на данные сессий. А все заявки, в которые вносятся

изменения или удаляются, должны содержать один и тот же электронный адрес, на который был отправлен код подтверждения.

Теперь можно утверждать, что структура всего проекта описана в полной мере. Разработанный сайт полностью выполняет свои задачи, однако стоит учитывать возможности изменения концептов в проведении научных конференций. Поэтому подобные решения необходимо разрабатывать с учётом будущих изменений. Важно осознавать, что внедрение подобных решений с ориентацией на будущее может привести к усложнению устройства проекта. В связи с чем необходимо организовывать весь проект таким образом, чтобы обеспечить целостность данных, так как они попадают в группу риска и могут быть повреждены или утеряны. Данный материал содержит возможную методику проектирования подобных веб-сайтов, описывает инструменты и особенности, с которыми предстоит столкнуться веб-разработчику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котиева, Х.М. Язык разметки гипертекста HTML. Редакторы для HTML / Х. М. Котиева // . — 2020. — № 29–1(115). — С. 22–24. — EDN JCNSUO.
2. Официальный веб-сайт «php.net», раздел «Руководство по PHP» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.php.net/manual/ru/index.php> (дата обращения: 26.04.2023).
3. Карпова И.П. Базы данных. — М.: Питер, 2013. С. 3–31.
4. Кузнецов М.В., Симдянов И.В. Самоучитель PHP 7. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. С. 143–151.
5. Джеймс Р. Грофф, Пол Н. Вайнберг, Эндрю Дж. Оппель. SQL. Полное руководство. — Вильямс, 2018. С. 95–148.
6. Радионов, С.В. Создание цветowych тем веб-сайта с помощью CSS и JavaScript / С.В. Радионов // Постулат. — 2019. — № 8(46). — С. 22. — EDN JODGBI.

© Пиманов Андрей Евгеньевич (epimanov15@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ GREENPLUM НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ЛОГ-ФАЙЛОВ

INTELLIGENT ANALYSIS OF THE GREENPLUM DATA WAREHOUSE BASED ON LOG FILE PROCESSING

**A. Rusakov
D. Gorin
A. Lisyutenko
S. Dolzhenkov
A. Karev
I. Astafyev**

Summary. The article provides methods and algorithms for data mining contained in the debugging files of the GreenPlum data warehouse to improve the efficiency of the repository as a whole. One of the important tasks to be solved in this article is the detection of cause-and-effect relationships, as a result of which the GreenPlum storage is experiencing overloads. Based on the results of the study, a software package was designed and implemented in the form of an Internet portal that allows you to download the GreenPlum storage log files and find patterns in them that indicate shortcomings in the selected storage architecture with the possibility of automatic training based on existing precedents.

Keywords: Data storage, GreenPlum optimization, data mining, log file analysis.

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель,

МИРЭА — Российский технологический университет

rusakov_a@mirea.ru

Горин Денис Станиславович

доцент,

МИРЭА — Российский технологический университет

gorin@mirea.ru

Лисютенко Анастасия Сергеевна

старший преподаватель,

МИРЭА — Российский технологический университет

lisyutenko@mirea.ru

Долженков Сергей Сергеевич

ассистент,

МИРЭА — Российский технологический университет

dolzhenkov@mirea.ru

Карев Андрей Дмитриевич

МИРЭА — Российский технологический университет

karev_ad@mail.ru

Астафьев Иван Андреевич

МИРЭА — Российский технологический университет

ya.astafev-00@yandex.ru

Аннотация: В статье приводятся методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных, содержащихся в отладочных файлах хранилища данных GreenPlum для повышения эффективности работы хранилища в целом. Одной из важных решаемых задач в данной статье, является обнаружение причинно-следственных связей, в результате которых хранилище GreenPlum испытывает перегрузки. По результатам исследования спроектирован и реализован программный комплекс в виде Интернет-портала, который позволяет загружать лог-файлы хранилища GreenPlum и находить в них закономерности, указывающие на недостатки в выбранной архитектуре хранилища с возможностью автоматического обучения по имеющимся прецедентам.

Ключевые слова: хранилище данных, оптимизация работы GreenPlum, интеллектуальный анализ данных, анализ лог-файлов.

Введение

Задачей анализа логов системы хранения базы данных является важным аспектом как в научном, так и в практическом плане для всех видов систем. Решение этой задачи позволит увеличить коэффициент производительности, а также уменьшить процент ошибок, которые возникают во время работы системы [1]. За счет анализа хронологии работы с базами данных специалисты-аналитики, а также программисты и системные администраторы могут составить прогноз будущих ошибок, сэкономить ресурсы компании, связанные со временем и эффективностью работы сервера, выявляют причины сбоя сервера, помогают устранить те ошибки,

которые не были найдены естественным путем [2]. Немало важным отличием данного способа анализа данных логов систем является обнаружение возникновение критических ситуаций, т.е. поиск и предотвращение возможных ошибок на этапе проектирования задачи и анализа данных в статическом виде, для того чтобы устранить ошибки этого этапа. Как правило при работе с логами выделяют следующие типы:

- системные логи, то есть те, которые связаны с системными событиями;
- серверные логи, регистрирующие обращения к серверу и возникшие при этом ошибки;
- логи баз данных, фиксирующие запросы к базам данных;

- почтовые логи, относящиеся к входящим/исходящим письмам и отслеживающие ошибки, из-за которых письма не были доставлены;
- логи авторизации;
- логи аутентификации;
- логи приложений, установленных на этих операционных системах.

Интерпретация логов является одной из важных задач, которая может повысить работу системы в целом.

Информационная безопасность

Информационная безопасность — обеспечение конфиденциальности и целостности информации, недопущение несанкционированных действий с ней, в частности, ее использования, раскрытия, искажения, изменения, исследования и уничтожения.

Системный подход состоит из четырех составляющих обеспечения безопасности:

- законы и нормативно-правовые акты;
- распределение задач между ИБ-подразделениями;
- политика информационной безопасности;
- техническое и программное обеспечение.

Технология GreenPlum

Одной из важнейших задач для анализа логов является способ анализа логов системой GreenPlum. Существуют ситуации, при которых остается место для продажи ресурсов, в связи с этим большую часть времени система простаивает. В таких случаях делается прогноз, для поиска таблицы с высокой нагрузкой для переноса в быстродействующие хранилища Hadoop. Таким образом, часто используемые таблицы можно хранить в любой другой системе (не обязательно в GreenPlum). Исходя из этого, высвобождаются ресурсы, нагрузка на этот кластер уменьшится, а значит повысится окупаемость [3].

Таким образом общая постановка задачи формулируется следующим образом: на основе предоставленных логов хранилища необходимо разработать алгоритм обработки данных и прогнозирования будущей нагрузки. Важной частью задачи является выявление и распределение объектов хранилища по различным критериям.

Greenplum — система управления данными, предназначенная для больших проектов из мира Big Data [2].

Основным отличием системы управления баз данных Greenplum является то, что она использует традиционную реляционную модель хранения данных при этом существует возможность ее масштабирования за счет использования кластерных функций в виде распределения по типу создания Raid-массивов в компьютере.

Greenplum поддерживает реляционную модель данных, сохраняя при этом неизменность данных, а это значит, что она прекрасно подойдет для данных, которые чувствительны к точности и структурности. К примеру, для финансовых операций.

Общая постановка задачи

На основе предоставленных логов хранилища необходимо разработать алгоритм обработки данных и прогнозирования будущей нагрузки. Важно частью задачи является выявление и распределение объектов хранилища по различным критериям.

В качестве исходных данных предоставлен набор логов, которые содержат запросы к базе данных GreenPlum. Нужно предложить метод быстрой обработки этих данных. Выделению отдельных объектов, к которым чаще всего обращаются пользователи. Выявления самых «тяжелых» и самых «горячих» объектов. Прогнозирование нагрузки на систему в разные временные отрезки.

Особенно важной является задача прогнозирования времени исполнения запроса по предоставленным данным [4].

Формат хранения log файла

В качестве примера приведем фрагмент данных (см. рис. 1).

- Rn — уникальный номер записи
- Loguser — пользователь (dev_* — разработчики, etl_* — загрузчик)
- Query — запрос в базу:
 - from, join — извлечение данных
 - into — запись данных

Rn (bigint)	Loguser (text)	Query (text)
1513	etl_2048	from tbl_142463,join tbl_142465
1361	dev_473	join tbl_33332,join tbl_151403,INTO tbl_385661

`(format CSV, header, delimiter ',', quote '"', null '', escape '\')`

Рис. 1. Фрагмент хранения данных в log файле

Обоснование выбора технологий и программных средств для реализации разрабатываемых решений

Выбор технологий для интеллектуального анализа процесса работы хранилища данных на основании обработки лог-файлов GreenPlum представлен на рис. 2.

Аналитическая часть

Программное решение будет состоять из аналитической части, которая будет разрабатываться на языке программирования Python. Планируются использовать следующие основные библиотеки: matplotlib, NumPy, statsmodels.

Десктоп приложение

Для рабочего места аналитика и системного администратора предлагается использовать сразу две технологии, одна в виде десктоп приложения, которая будет работать на основании библиотеки PyQt.

Система мониторинга (Web портал)

Разработка будет проходить с использованием языка JavaScript, и фреймворков Vue.js и Quasar, а также библиотеки Axios, которая отобразит эти результаты в интерактивной форме на web-интерфейсе. Таким образом данное решение могут просматривать еще и пользователи этого хранилища.

Проект GreenPlum реализован с нуля на python. Он состоит из трёх программ. В первую программу входит выпадающий список, который содержит в себе все графики и из диаграммы matplotlib, которая рисует графики. Вторая программа, в которую входит главное окно с меню, с помощью которой подгружается файл и дальше программный алгоритм преобразует данные с помощью библиотеки pandas, в удобный вид.

Третья программа осуществляет прогнозирование.

Если вы захотели собрать первую программу из исходных файлов, то для этого требуется запустить файл main.py, с помощью среды разработки для Python, мы советуем использовать PyCharm последней версии. В первой программе используются соответствующие библиотеки, описанные выше. Открывается окно, в котором нужно выбрать соответствующий график для вычисления нужных параметров.

Если вы захотели собрать вторую программу из исходных файлов, то для этого требуется запустить файл GreenPlum2.py, с помощью среды разработки для Python, которая находится в zip файле GreenPlum2.zip. В качестве среды разработки для Python мы советуем использовать PyCharm последней версии. Во второй программе используются те же библиотеки, что и в первой программе. Открывается окно, в котором нужно в панели меню открыть файл tables.xlsx.

Выбор технологии для разработки ПО

<p>Аналитическая часть</p> <p> python Язык программирования аналитической части</p> <p> matplotlib Библиотека визуализации данных двумерной и трёхмерной графикой</p> <p> NumPy Библиотека, добавляющая поддержку больших многомерных массивов</p> <p> Pandas Программная библиотека для обработки и анализа данных</p> <p> statsmodels Программная библиотека для статистического анализа данных</p>	<p>Десктоп приложение</p> <p> PyQt Набор расширений графического фреймворка Qt</p> 
<p>Мониторинг (Web портал)</p> <p>JavaScript Язык программирования части визуализации</p> <p> Vue.js Прогрессивный WEB-фреймворк</p> <p> Quasar Надстройка для создания кросс-платформенных приложений PWA</p> <p> AXIOS Библиотека для API</p>	

Рис. 2. Технологии для разработки программного решения

Если вы захотели собрать третью программу из исходных файлов, то для этого требуется запустить файл GreenPlum3.py, с помощью среды разработки для Python, которая находится в zip файле GreenPlum3.zip. В качестве среды разработки для Python мы советуем использовать PyCharm последней версии. Все исходные коды программных решений доступны в [5]

Первая программа

Пример работы первой части программного средства можно посмотреть на следующих рисунках.

На рисунках 4 и 6 представлены таблицы, на которых показаны столбчатые диаграммы высоконагруженных таблиц, где в каждом столбце показано число обращений к данной таблице. В исследуемых данных было выявлено четыре таблицы, при рассмотрении которых, наиболее часто обращались (число обращений в среднем составляет около 27000, в то время как к другим таблицам число обращений не превышало 10000).

Далее мы рассмотрели структуру лог-файла и сделали два графика представленных на рисунках 3 и 5. На этих графиках видно, что зависимость распределения длины запросов от количества запросов подчиняется экспоненциальному закону, это означает, что данное распределение не является нормально-распределенным (Гауссовским). Таким образом можно сделать допущение к данным исследуемым логам можно применить регрессионный анализ [6].

Вторая программа

Согласно второму заданию происходит поиск неиспользуемых таблиц, в которые все записывается и никогда не читается разработчиком.

Инструкция применения: после открытия файла tables.xlsx есть небольшая задержка, из-за подгрузки данных — просто подождите.

Поиск таблиц

В данном случае мы отсортировали данные при помощи библиотеки Pandas таким образом, чтобы получились следующие столбцы, изображенные на рисунке 7. Etl_into, etl_join, dev_into, dev_join, dev_from, range (etl_into + dev_into).

Третья программа

Прогнозирование нагрузки на кластер. Для прогнозирования нагрузки на кластер после использования алгоритмов машинного обучения, в частности, Байесовский классификатор было принято решение использование обычной нелинейной регрессионной модели четвертого порядка на основе ARIMA [7].

Оценивание параметров модели и вычисление остатков:

$$\begin{aligned}
 Y_t - \Phi_1 \cdot Y_{t-1} - \dots - \Phi_p \cdot Y_{t-p} &= \\
 = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_p \cdot \varepsilon_{t-p}; & \\
 \varepsilon_t \approx iid(0, \sigma^2) &
 \end{aligned}$$

Тогда процесс y_t является ARIMA (p,q,d).

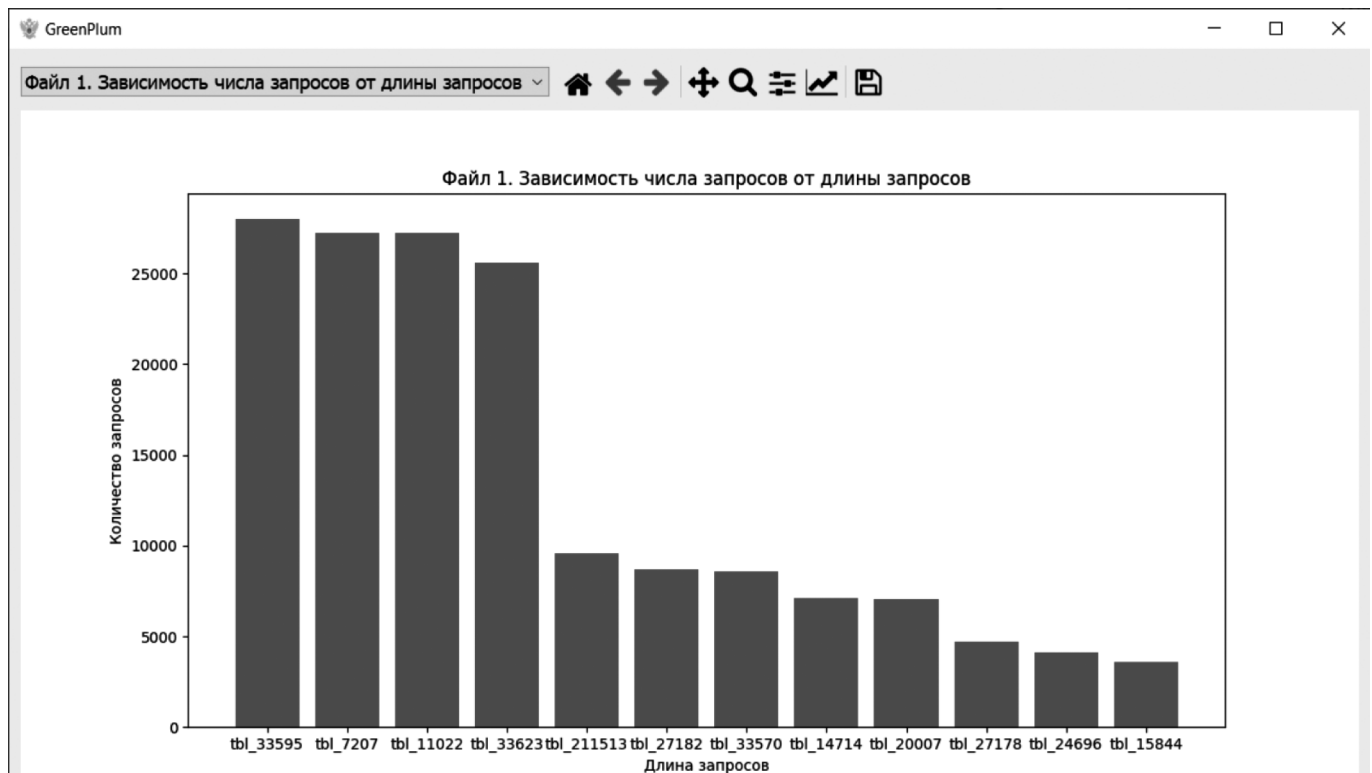


Рис. 3. Зависимость числа запросов от длины запросов

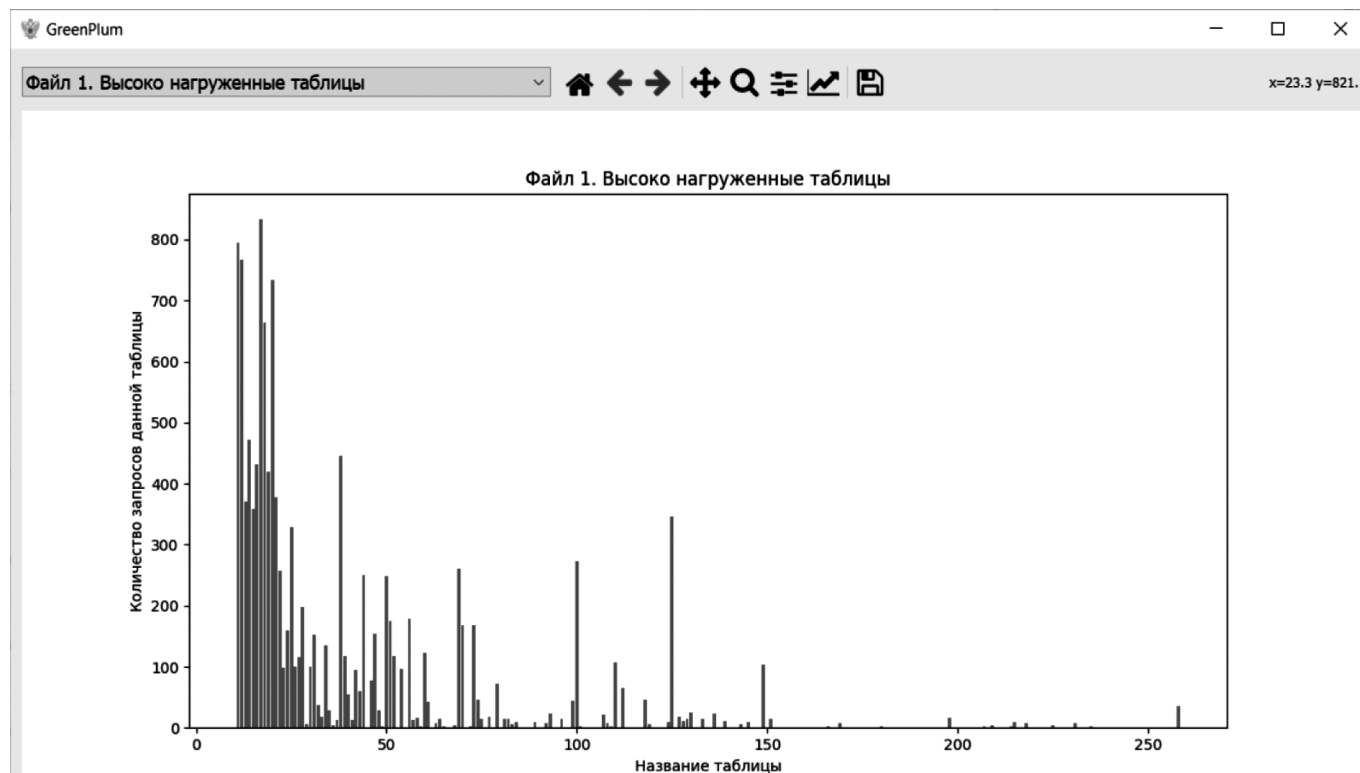


Рис. 4. Высоконагруженные таблицы

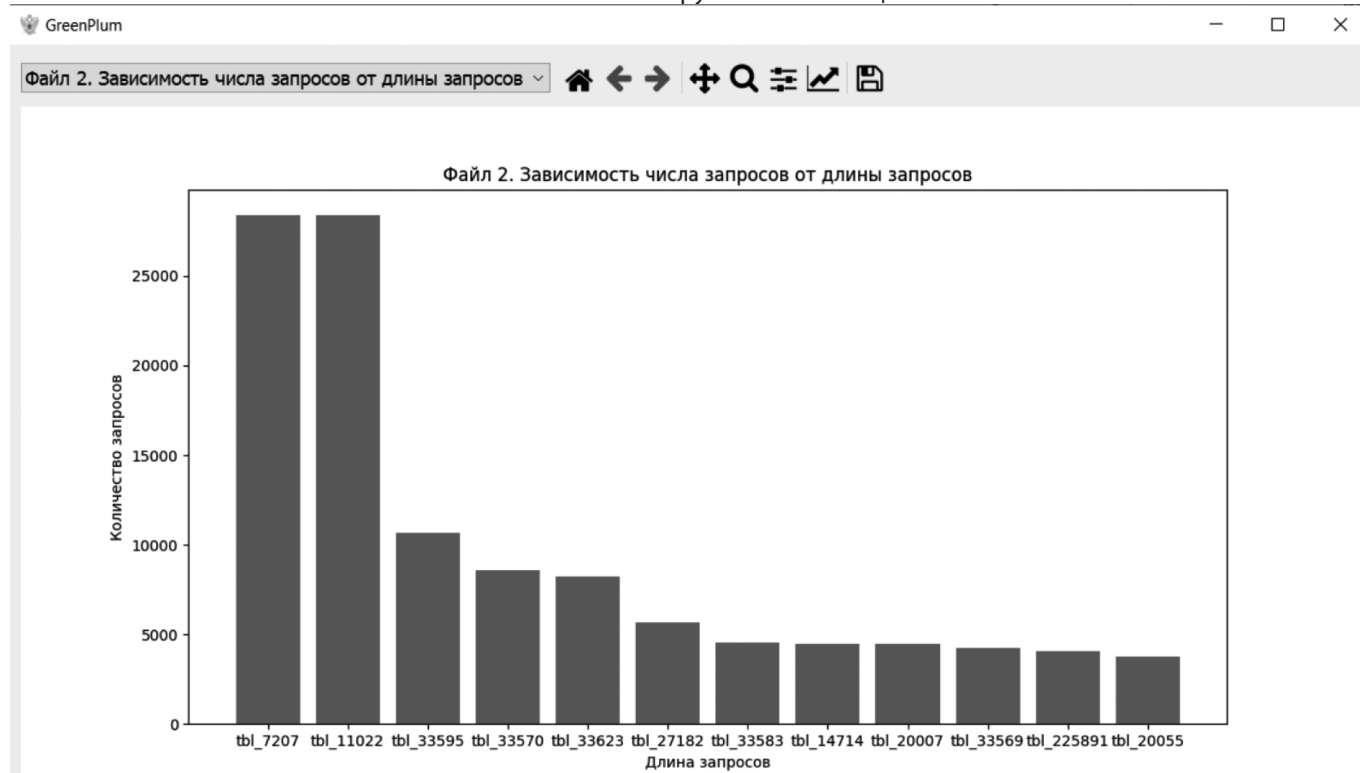


Рис. 5. Зависимость числа запросов от длины запросов

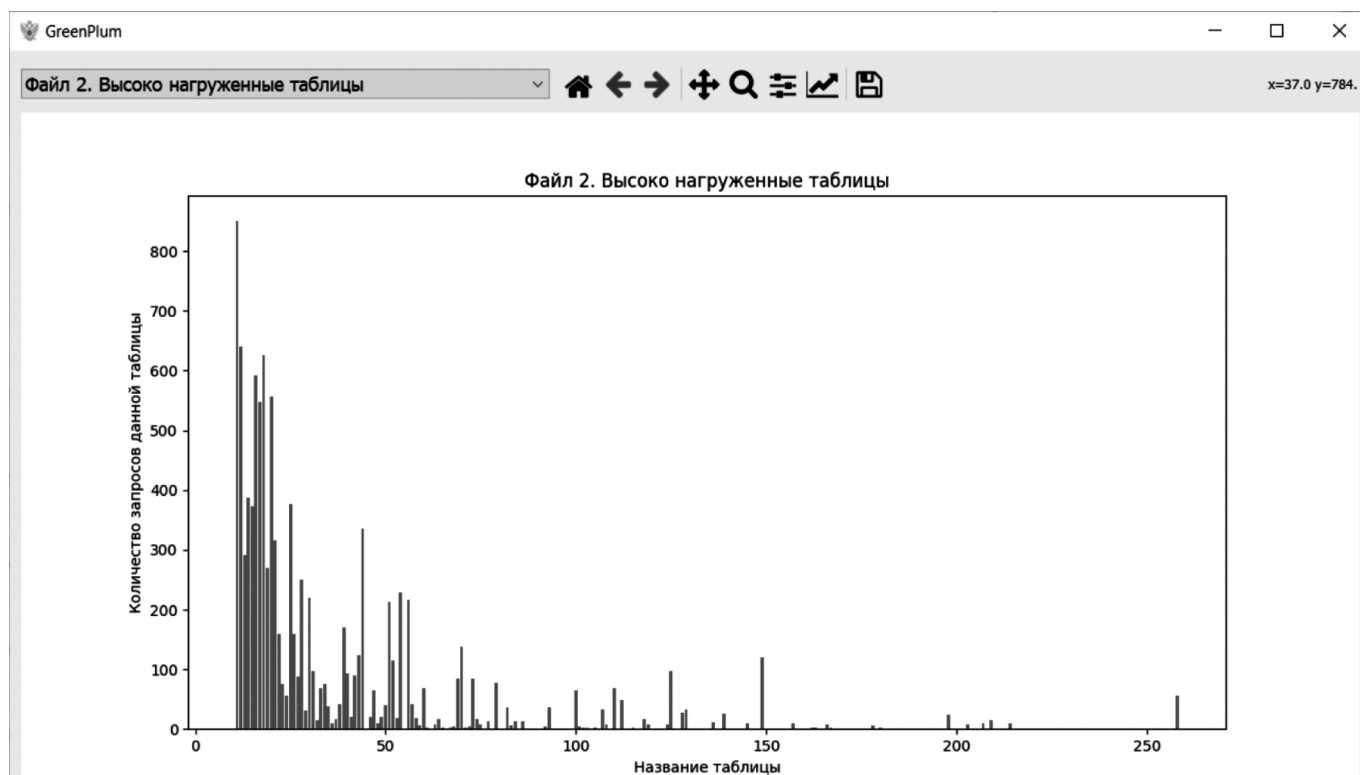


Рис. 6. Высоконагруженные таблицы

	table_name	etl_into	etl_join	etl_from	dev_into	dev_join	dev_from	range
1	tbi_27182	475	4718	0	0	0	0	475
2	tbi_29495	468	64	0	0	0	0	468
3	tbi_29497	468	0	0	0	0	0	468
4	tbi_28425	379	0	0	0	0	0	379
5	tbi_27356	379	0	0	0	0	0	379
6	tbi_26783	378	0	0	0	0	0	378
7	tbi_29461	377	0	0	0	0	0	377
8	tbi_29458	373	0	0	0	0	0	373
9	tbi_26784	366	0	0	0	0	0	366
10	tbi_26792	365	0	0	0	0	0	365
11	tbi_28670	365	0	365	0	0	0	365
12	tbi_29481	351	157	0	0	0	0	351
13	tbi_27619	324	0	0	0	0	0	324
14	tbi_26786	295	0	0	0	0	0	295
15	tbi_29415	288	0	0	0	0	0	288
16	tbi_361734	288	0	181	0	0	0	288
17	tbi_27483	279	0	0	0	0	0	279
18	tbi_27486	275	0	0	0	0	0	275
19	tbi_27761	274	0	0	0	0	0	274
20	tbi_26778	268	0	0	0	0	0	268
21	tbi_28675	266	0	0	0	0	0	266
22	tbi_28674	266	0	0	0	0	0	266
23	tbi_29485	263	0	0	0	0	0	263
24	tbi_28436	262	0	0	0	0	0	262
25	tbi_29457	261	105	0	0	0	0	261
26	tbi_29486	261	0	0	0	0	0	261
27	tbi_29962	260	0	0	0	0	0	260

Рис. 7. Вариант работы второй программы

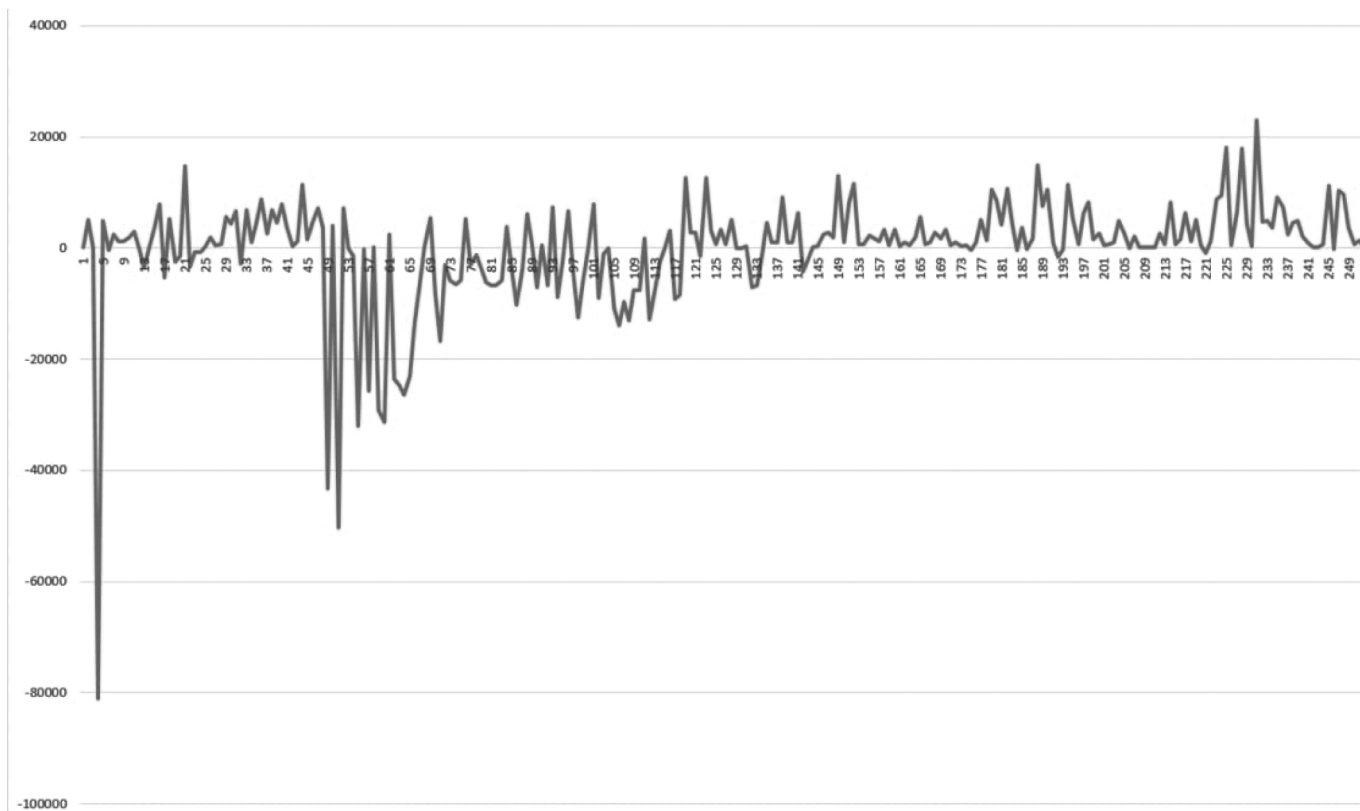


Рис. 9. Прогресс доступа к данным

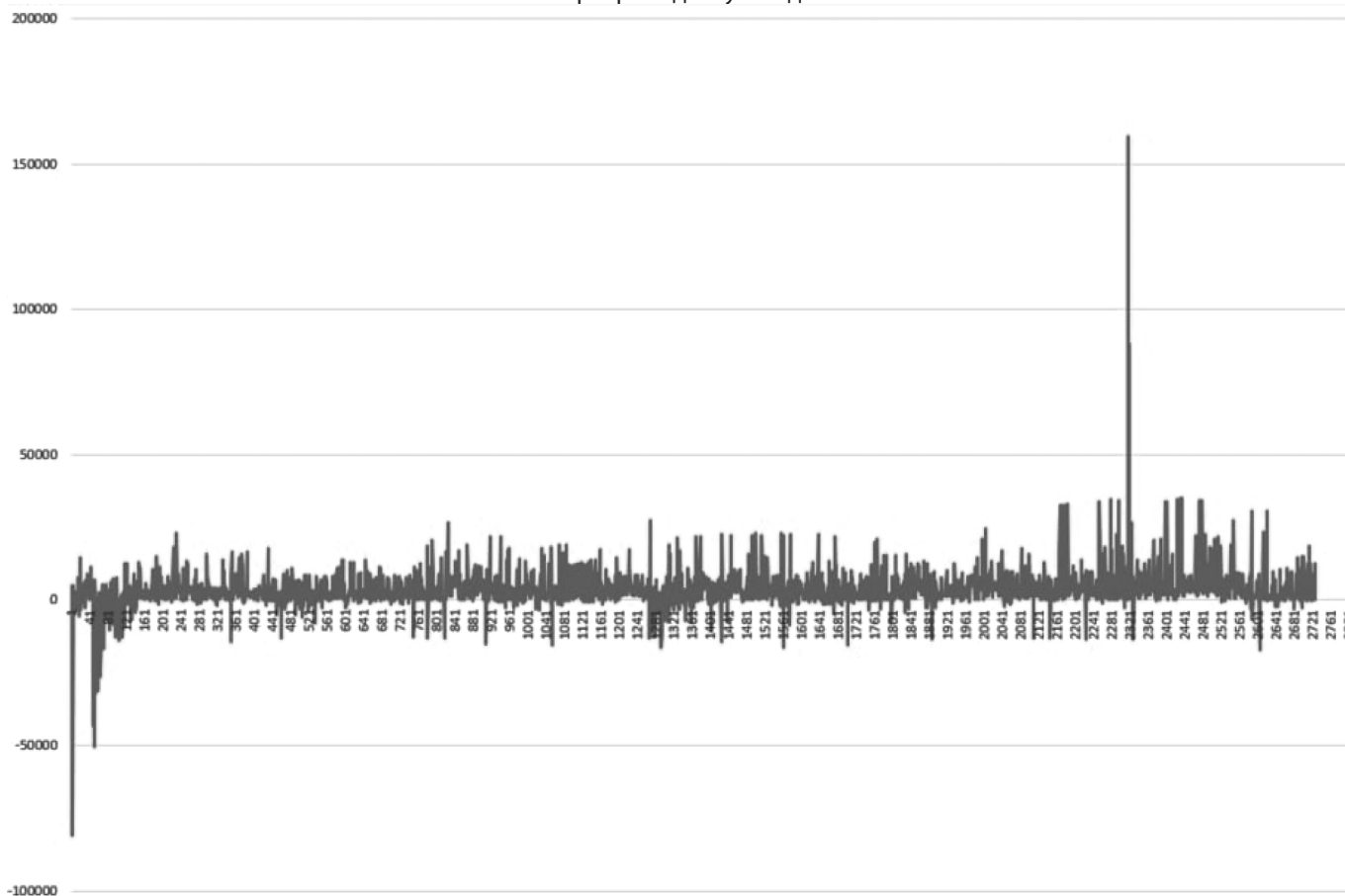


Рис. 10. Прогресс доступа к данным

Каждая из полученных моделей проверяется на соответствие исходным данным. Из тех моделей, которые адекватны данным, отыскивается наиболее простая модель, то есть модель, которая имеет наименьшее количество параметров [8].

2. Оценивание модели и проверка ее адекватности.

Прогнозирование временного ряда. После поиска ряда моделей, следует выполнить прогнозирование на несколько шагов по времени с оцениванием крайних границ прогнозируемых значений.

Благодаря этой модели была построена следующее решение:

rn	loguser	tbl_name	duration	predict_duration	difference
4467	dev_332	from tbl_7	63,108	200	136,892
4512	etl_2048	from tbl_8	31,022	5126,372929	5095,350929
4514	dev_332	from tbl_7	174,179	200	25,821
4522	dev_332	from tbl_2	100987,4	20001,26099	-80986,17801
4530	etl_2048	from tbl_8	146,984	5126,372929	4979,388929
4532	etl_2048	from tbl_8	1491,244	1144,93639	-346,3076098
4543	etl_2048	from tbl_1	339,079	2693,73319	2354,65419
4548	etl_2048	from tbl_8	16,879	1144,93639	1128,05739
4550	etl_2048	from tbl_8	12,398	1144,93639	1132,53839
4552	etl_2048	into tbl_8	3450,567	5326,372929	1875,805929
4554	etl_2048	from tbl_2	808,493	3716,1208	2907,6278
4557	dev_332	from tbl_7	173,476	200	26,524
4561	etl_2048	into tbl_8	8878,601	5326,372929	-3552,228071
4590	etl_2048	from tbl_8	1788,173	1617,775571	-170,3974286
4592	etl_2048	from tbl_8	2279,249	6071,455429	3792,206429
4596	etl_2048	from tbl_8	1927,034	9765,17525	7838,14125
4607	etl_2048	into tbl_8	7112,98	1817,775571	-5295,204429
4609	etl_2048	from tbl_8	2599,589	7913,047	5313,458
4622	etl_2048	into tbl_8	8730,629	6271,455429	-2459,173571
4624	etl_2048	from tbl_8	1830,462	484,1488571	-1346,313143
4633	dev_359	from tbl_3	2897,266	17596,7845	14699,5185

Рис. 8. Фрагмент выборки базы данных для поиска нагруженных таблиц

Была построена следующая таблица, в которой помимо стандартного лога прописывается два дополнительных поля predict_duration и difference.

Difference – это разница между значением, которое спрогнозировано и тем, что по факту является. Если система показывает положительный результат, то это говорит о нехватке ресурсов кластера, а если отрицательный, то о нормальной работе системы. Для данного значения difference были построены графики на рис. 9 и 10. На рисунке 9 видно, что прогресс доступа к данным показывает о том, что в это время был момент простоя, и кластер был не нагружен, поскольку присутствует много отрицательных значений. Рисунок 10 показывает график, в котором кластер был перегружен и начал давать отказы.

Заключение

Таким образом используя авторегрессионную модель ARIMA и соответствующие алгоритмы обработки данных из лог-файлов системы GreenPlum мы сможем прогнозировать остаточный ресурс данного кластерного решения и находить нагруженные таблицы тем самым повышая эффективность использования данного программного решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Мохигул А., Мохинур А. ПОНЯТИЕ BIG DATA И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ //RESEARCH AND EDUCATION. — 2022. — С. 596.
2. Han J., Pei J., Tong H. Data mining: concepts and techniques. — Morgan kaufmann, 2022.
3. Павлович Н.В. Оптимизация запросов в Greenplum. — 2022.
4. E.E. Yusufoglu, M. Ayyildiz and E. Gul, «Neural network-based approaches for predicting query response times», 2014 International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA), Shanghai, China, 2014, pp. 491–497, doi: 10.1109/DSAA.2014.7058117.
5. Русаков А.М. Исходный код проекта интеллектуальный анализ работы хранилища данных greenplum на основе обработки лог-файлов. https://github.com/RusAI84/greenplum_log_analysis. (2023).
6. Fyfe S. et al. Future flavours from the past: Sensory and nutritional profiles of green plum (*Buchanania obovata*), red bush apple (*Syzygium suborbiculare*) and wild peach (*Terminalia carpentariae*) from East Arnhem Land, Australia // *Future Foods*. — 2022. — Т. 5. — С. 100136.
7. Gilbert K. An ARIMA supply chain model // *Management Science*. — 2005. — Т. 51. — № 2. — С. 305–310.
8. Shumway R.H. et al. ARIMA models // *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. — 2017. — С. 75–163.

© Русаков Алексей Михайлович (rusakov_a@mirea.ru); Горин Денис Станиславович (gorin@mirea.ru);
Лисиутенко Анастасия Сергеевна (lisyutenko@mirea.ru); Долженков Сергей Сергеевич (dolzhenkov@mirea.ru);
Карев Андрей Дмитриевич (karev_ad@mail.ru); Астафьев Иван Андреевич (ya.astafev-00@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

MODERN METHODS AND ALGORITHMS OF FINGERPRINT IMAGE ANALYSIS IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY

A. Rusakov
S. Koryagin
E. Selivanova
A. Yakunina
E. Prusova
S. Tepsikoev

Summary: The article provides an overview of modern methods of fingerprint image analysis from the perspective of information security. A number of heuristic methods and algorithms are proposed, allowing for better processing of fingerprint images, while taking into account the human factor in the form of damage to the image and the sample under study. As a result, algorithmic software was created that can more effectively solve the problem of analyzing and recognizing fingerprint images with visible damage.

Keywords: fingerprint image analysis, image processing, fingerprint scanner, information security.

Русаков Алексей Михайлович
старший преподаватель,

Российский Технологический Университет МИРЭА
rusal@bk.ru

Корягин Сергей Викторович

кандидат технических наук, доцент,
Российский Технологический Университет МИРЭА
dongenealog2003@mail.ru

Селиванова Екатерина Алексеевна

РТУ МИРЭА
Kate11042001@yandex.ru

Якунина Александра Андреевна

РТУ МИРЭА
yakunina.19@yandex.ru

Прусова Елизавета Алексеевна

РТУ МИРЭА
prussia01@yandex.ru

Тепсикоев Солтан Артурович

РТУ МИРЭА
soltantepsikoev@mail.ru

Аннотация: В статье приводится обзор современных методов анализа изображений отпечатков пальцев с позиции информационной безопасности. Предложен ряд эвристических методов и алгоритмов позволяющих более качественно обрабатывать изображения отпечатков пальцев, учитывая при этом человеческий фактор в виде повреждения изображения и исследуемого образца. В результате было создано алгоритмическое программное обеспечение, способное более эффективно решать проблему анализа и распознавания изображений отпечатков пальцев с видимыми повреждениями.

Ключевые слова: Анализ дактилоскопических изображений, обработка изображений, сканер отпечатков пальцев, информационная безопасность.

Введение

Сегодня персонально идентифицируемые данные, то есть пароли и специальные удостоверения личности, являются повседневной необходимостью. Например, пароль требуется для снятия денег в банкомате, также необходимо разрешение на доступ к электронной почте или компьютерным данным. В последнее время во всем мире наблюдается огромный рост международной террористической активности. В результате безопасность приобретает все большее значение.

Однако для личного пользования необходимо хранить большое количество комбинаций букв и цифр. Чтобы преодолеть это неудобство для пользователя, компьютерные компании были вынуждены разработать и внедрить биометрические методы управления. Био-

метрия — это наука об изучении различных параметров человеческого тела (отпечатки пальцев, особенности голоса, зрачки и т.д.), которая облегчила жизнь людей. С помощью этих методов уникальные данные человека (палец, голос, зрачок глаза) всегда находятся под рукой, не позволяя ему забыть очень важную информацию (пароли, коды) [1,2].

Верообразные линии кожной проекции отпечатка пальца разделены множеством бороздок, образующих декоративные узоры с индивидуально неповторимыми характеристиками (завитки, петли, дуги). Это обеспечивает высочайшую надежность при идентификации личности. Для сравнения, коэффициент ошибок и, как следствие, отказ в доступе пользователю составляет около 3, а коэффициент ошибок — менее одного на миллион. Преимущества технологии распознавания отпечатков

пальцев для пользователя заключаются в простоте, легкости использования и надежности.

Исследование также показывает, что идентификация по отпечаткам пальцев имеет неоспоримые преимущества перед другими биометрическими методами. Вероятность ошибки при идентификации пользователя гораздо ниже по сравнению с другими биометрическими методами.

Еще одним важным моментом является то, что устройства распознавания отпечатков пальцев компактны и занимают очень мало места в клавиатуре или механизме.

Обзор существующих решений

Для распознавания и всех других приложений используется только нормальная форма руки, т.е. размер, форма и особенности части запястья (показана на средней складке косточки пальцев), включая расположение капилляров.

Несмотря на внешний вид, все сканеры делятся на несколько типов [3,4]:

1. Оптический

Этот тип датчика работает за счет наличия светочувствительной ПЗС-матрицы и нескольких небольших светоизлучателей, которые освещают поверхность пальца. Затем свет отражается обратно в колебательном режиме, и интенсивность луча меняется в зависимости от того, попадает ли луч в гребень или долину.

Внешнее стекло этого сканера очень тонкое, поэтому возникает эффект полного внутреннего отражения. Благодаря этому эффекту свет на гребне, который является точкой контакта между пальцем и стеклом, полностью отражается фотоэлектрическим датчиком.

Этот тип датчиков очень громоздкий и требует большой камеры и маленького светоизлучателя. По этой причине они редко используются. Другая проблема заключается в том, что свет также отражается от кожи, что позволяет легко подделать отпечатки пальцев.

1.1. Инфракрасный сканер с преобразованием Фурье. Принцип работы показан на рисунке 2.

1.2. Волоконная оптика. Механизм волоконно-оптического сканера показан на рисунке 3.

1.3. Оптическая тяга. В отличие от FTIR-сканеров, оптические сканеры не требуют, чтобы пользователь прикладывал палец к сканеру, а проводят пальцем по узкой сканирующей полосе. При сканировании отпечатка пальца за доли секунды делается серия снимков, при-

чем соседние снимки накладываются друг на друга, что значительно снижает пропускную способность сканера.

1.4 Прокатное сканирование осуществляется путем прокатывания пальца по прозрачному вращающемуся барабану. В этот момент фиксируется серия изображений фрагментов узора отпечатка пальца. Смежные изображения накладываются друг на друга, чтобы получить полный снимок отпечатка пальца без искажений.

1.5 Бесконтактный. Этот тип сканера не требует контакта между пальцем и поверхностью сканера. Палец или ладонь прикладывается к отверстию сканера, несколько источников света освещают его с обеих сторон, а в центре сканера устанавливается линза для сбора информации, которая проецируется на CMOS-камеру, преобразующую данные в изображение отпечатка пальца.

2. Твердотельные

В этих сканерах используются полупроводники, которые меняют свои свойства при прикосновении к ним. Эти полупроводники реагируют на давление, проводимость, тепло и другие переменные.

2.1. Тепловые датчики. Датчики реагируют на изменение проводимости полупроводника в зависимости от температуры. Кожа и воздух проводят тепло с разной скоростью, и датчик может обнаружить это, чтобы получить изображение отпечатка.

2.2. Датчик давления — это датчик, который реагирует на величину давления, оказываемого на область проводника каждым маленьким кусочком кожи. Разница в давлении между корешком и вмятиной регистрируется во время сканирования.

2.3. Емкостной датчик. Используется датчик CMOS, который действует как небольшой конденсатор, позволяющий небольшому электрическому заряду проходить через поверхность пальца. Кожа и воздух отличаются по своей способности изолировать ток, и чем больше конденсатор, тем больше воздуха задерживается между кожей и датчиком.

Последний метод является наиболее распространенным. Датчики компактны и могут вмещать до 4 000 датчиков на квадратный сантиметр. В настоящее время датчики этого типа имеются в устройствах практически всех ведущих производителей на рынке мобильных устройств (например, Samsung, Xiaomi и Apple).

3. Ультразвук

Ультразвуковые датчики используют тот же принцип, что и точные часы, и эхолокационные детекторы. Излу-

чател ь испускает высокочастотный импульс, который отражается от поверхности пальца и регистрируется на датчике. Излучатель испускает высокочастотный импульс, который отскакивает от поверхности пальца и регистрируется датчиком. Сигнал, попавший в долину, проходит большее расстояние и поэтому возвращается дольше, чем сигнал, отраженный от гребня.

Такое расположение датчиков позволяет получить четкое изображение колеблющегося узора, учитывая не только то, к чему прикасаются, но и глубину отдельных участков кожи. Это позволяет получить более точное изображение, но требует более длительного времени сканирования и является более дорогостоящим.

Однако, помимо высокой точности, ультразвуковые сканеры имеют еще одно явное конкурентное преимущество, и производители вкладывают все больше средств в то, чтобы сделать их более простыми и дешевыми. Эти датчики не требуют отдельной поверхности и могут проходить через любой плотный материал. По этой причине сканеры отпечатков пальцев не только возможно, но и относительно легко интегрировать непосредственно в экран. В Samsung S10 Plus, Huawei P30 Pro, OnePlus 8 и Xiaomi 11 сканеры встроены в экран.

Распознавание изображений отпечатков пальцев осуществляется в основном с помощью математической модели для оценки виртуальных и информативных изображений. Благодаря полученной дискретной модели удалось разработать модель для оценки программных и аппаратных систем для виртуальных изображений отпечатков пальцев.

Эксперименты выявили новые области для новых методов идентификации человека путем распознавания различных изображений отпечатков пальцев. Однако существующие до сих пор методы не позволяли качественно оценить изображения. Оптимизируя информационный анализ распознавателя, программное обеспечение может быть использовано для оценки и распознавания изображений отпечатков пальцев.

В программно-аппаратный интерфейс включены следующие окна

- 1) Регистрация изображения отпечатка пальца — отображаются два отпечатка пальцев в формате bmp.
- 2) Оценка, в результате которой формируется информативное изображение.
- 3) Оценка, формирование виртуального изображения.
- 4) Конфигурация и управление — выбор идентификатора, установка типа оценки (информативная или виртуальная) и получение результатов.

Формирование виртуальных и информативных изображений отпечатков пальцев увеличивает количество

признаков отпечатков пальцев для распознавания образов. Такое формирование повышает точность оценки данных изображений и открывает новые возможности для решения проблем идентификации и аутентификации.

Предлагаемое решение

Следует отметить, что сегодня для того, чтобы иметь возможность анализировать и распознавать изображения, необходимо решить ряд практических проблем. Одним из примеров является процесс распознавания отпечатков пальцев. Сложность этого процесса заключается в наличии ожогов, шрамов и других дефектов на пальце. Не существует «универсальных» методик или математических методов для создания методов, алгоритмов, автоматических устройств и качественного распознавания без учета отсутствия сложности в распознавании окружающих объектов [5].

Набор задач, которые необходимо решить для распознавания изображения отпечатка пальца, включает в себя:

- 1) бинаризация и фильтрация изображения;
- 2) идентификация и извлечение нюансов (сингулярностей) на полученных изображениях и их дальнейший сравнительный анализ.

Данное разделение напрямую связано с наличием или отсутствием особенностей при реализации такого процесса, как распознавание. Реализация бинаризации и фильтрации относится к первой группе задач. Эта задача представлена на диаграмме (рисунок 1).

Для второй группы задач процесс распознавания осуществляется с помощью более общих методов обработки изображений и приводит к нахождению конкретной точки на изображении. Следует отметить, что сложность решения этой задачи заключается в дефектах, присутствующих в отпечатках пальцев.

На сегодняшний день для идентификации особых точек использовалось несколько различных задач, включая поиск простых форм окон и стилизованного контента на окнах. Оказалось, что распознавание должно осуществляться следующим образом: распознавание всех окон изображения. Классификация пикселей необходима, поскольку скины имеют определенный диапазон цветов [6].

С помощью X-векторов пиксели отображаются на цветовые значения. Затем полученное цветовое пространство делится на квадраты и вычисляется процент телесного цвета пикселей в ячейке: метод оценки значения $P(x | \text{пиксели кожи})$ заключается в вычислении квадрата, соответствующего x . Кроме того, отобразим



Рис. 1. Задачи фильтрации и бинаризации

объем (%) пикселей в ячейке. Далее вычисляется значение $P(x | \text{другие пиксели})$. Для того чтобы оценить предварительную вероятность, необходимо смоделировать $P(\text{skin})$ как процент пикселей телесного цвета в корректирующем наборе.

$$\frac{P(x|\text{кожа})P(\text{кожа})}{P(x)}L(\text{кожа} \rightarrow \text{иное})$$

$$A \frac{P(x|\text{иное})P(\text{иное})}{P(x)}L(\text{иное} \rightarrow \text{кожа})$$

$P(\text{пиксели кожи} | x) = 1 - P(\text{иные пиксели} | x)$. Вид классификатора:

- пиксели кожи — $P(\text{кожа} | x) > 0$;
- иные пиксели — $P(\text{кожа} | x) < 0$;
- равномерный и случайный выбор пикселей из классов — $P(\text{кожа} | x) = 0$.

В данном случае θ является выражением, не зависящим от x . Это учитывает потерю несущественности. Таким образом, для каждого выбора θ можно определить семейство классификаторов. Если выбран подходящий θ , классификатор может быть успешным.

Как известно, наиболее распространенные сегодня алгоритмы распознавания отпечатков пальцев используют определенную точку — нюанс. Эти точки бывают двух типов: конец палочной линии и ее бифуркация; в случае двух наборов сингулярных точек алгоритм тестирования сравнивает их и формирует оценку «сходства», имеющуюся в интервале $[0, 1]$. Алгоритм сравнения сингулярностей показан на рисунке 9.

Давайте кратко рассмотрим сингулярности и их применение. Начнем с медианной фильтрации, поскольку все сводится к получению изображения отпечатка пальца. Медианная фильтрация изображена на рисунке 2.



Рис. 2. Медианная фильтрация

На рисунке 3 изображено направление медианной фильтрации.

Бинаризация изображения применяется для того, чтобы преобразовать 256 в черно-белый формат монохромного цветного изображения (рисунок 4).

После этого процесса следует выделить однородные области изображения. Это можно сделать путем удаления небольших черных и белых областей для устранения шума («соль и перец»), что положительно сказывается на сложности дизайна.

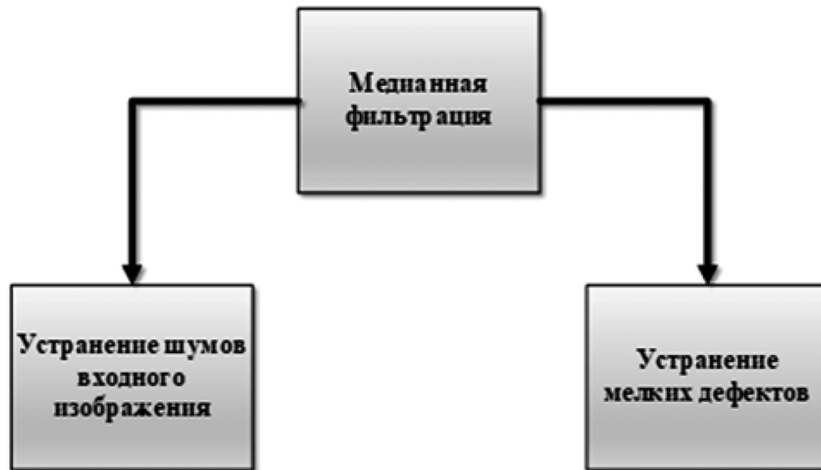


Рис. 3. Направление медианной фильтрации



Рис. 4. Бинаризация изображения

Для получения особых точек следует провести анализ ветвления и окончания. Следует искать пересекающиеся точки, где у каждой особой точки есть своя пара. При наложении точек следует учитывать их тип и направление.

Не все точки будут иметь пару. Это происходит из-за несоответствия областей, на которые нужно указать, или ошибок в алгоритме выделения. Задача коэффициента совпадения — сравнить точки с совпадающими парами с их общим количеством. Полученное значение является результатом совпадения. На рисунке 5 показан процесс извлечения особых точек.

Распознавание отпечатков вариантов обработки было проанализировано ранее. Вариант с наименьшим количеством точек (рис. 6):



Рис. 5. Выделение особых точек

Однако этот вариант обеспечил бы низкое качество изображения и большие ошибки из-за некогерентного шума. По этой причине был выбран полный алгоритм, представленный на рисунке 15:

В качестве варианта расчета интенсивности пикселей можно привести определение интенсивности, которая берется как среднее арифметическое зеленой, синей и красной составляющих следующим образом:

$$\text{Интенсивность} = (\text{красный} + \text{зеленый} + \text{синий}) / 3.$$

Это дает значение серой шкалы, но не является правильным, так как предполагает, что все цветовые компоненты имеют одинаковый вес. Ошибочно полагать, что человеческий глаз одинаково реагирует на все цветовые



Рис. 6. Процесс деформации ОП

компоненты. На самом деле наши глаза воспринимают цветовые компоненты по-разному, более чувствительны к зеленому и менее чувствительны к синему.

Ряд исследователей определили примерный весовой коэффициент чувствительности человеческого глаза к цвету и установили, что интенсивность рассчитывается следующим образом

$$\text{Интенсивность} = 0,3 * \text{красный} + 0,59 * \text{зеленый} + 0,11 * \text{синий}.$$

В дальнейшем при расчете интенсивности будет использоваться приведенная выше формула.

Искажение изображения отпечатка пальца — это такие дефекты отсканированного изображения, как царапины, смещение и обесцвечивание, которые влияют на качество распознавания, поэтому необходимо разработать специальные методы устранения этих эффектов. Процесс искажения ОП показан на рисунке 6.

Формула вычисления деформации изображений, где используется карта смещений:

$$f: Im_1 \rightarrow Im_2, \quad (1)$$

Im_1, Im_2 — изображения оп.

Будем использовать интерпретацию изображений в качестве карты смещений (1). Формула вычисления ассоциированного со смещениями отображения:

$$\begin{aligned} Im_1(x, y) &= F_u^{-1}(Im_2(x, y)) = \\ &= \frac{1}{\det J_u(x, y)} Im_2(x + u_x(x, y), y + u_y(x, y)) \quad (2) \\ J_u(x, y) &= \begin{pmatrix} 1 + \frac{\partial u_x}{\partial x} & \frac{\partial u_x}{\partial y} \\ \frac{\partial u_y}{\partial x} & 1 + \frac{\partial u_y}{\partial y} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

На основании рисунка 16 можно сделать вывод, что на u влияет время. Например, будем считать, что оп является упругим объектом. Получается, формула выявления его динамики будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + f_x &= \rho \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2}; \\ \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + f_y &= \rho \frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x}; \varepsilon_{yy} = \frac{\partial u_y}{\partial y}; \varepsilon_{xy} = \varepsilon_{yx} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \quad (4)$$

Где u_y и u_x выступают в роли частей карты смещений в соответствии с осью y и x соответственно, внешние действующие силы — $f = (f_x, f_y)$, тензор напряжений — ε , тензор давлений — σ , плотность — ρ .

Компоненты тензоров σ и ε обладают линейной связью (закон Гука):

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = C(x, y) \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{xy} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Упругая матрица влияет на решение уравнения и может быть изменена неоднородностями на поверхности пальца. Неоднородность возникает из-за деформации, вызванной силами, действующими поперек и вдоль направления узора пальца. Пусть на рисунке 7 показана ориентация линий узора пальца.

Формула вычисления матрицы \hat{C} с 4-мя степенями свободы, расположенной в координатах, которые ассоциированы с локальным направлением, принадлежащим папиллярному узору

$$\hat{C}(z, w) = \begin{pmatrix} E_z^{-1} & -v_{zw}E_w^{-1} & 0 \\ -v_{wz}E_z^{-1} & E_w^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & G \end{pmatrix};$$

$$v_{zw}E_w^{-1} = v_{wz} / E_z^{-1} \quad (6)$$

где E_z, E_w — модули Юнга вдоль, поперек направлений. v_{zw} и v_{wz} — коэффициенты Пуассона, G — модуля сдвига.



Рис. 7. Направление потока папиллярных линий

Формулы определения матриц упругости в процессе их перехода к начальным глобальным координатам (6):

$$\begin{aligned} c_{11} &= \cos^4 \alpha \hat{c}_{11} + 2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{12} + \sin^4 \alpha \hat{c}_{22} + \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{13} \\ c_{12} &= \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{11} + (\cos^4 \alpha + \sin^4 \alpha) \hat{c}_{12} + \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{22} - \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{13} \\ c_{13} &= \cos^3 \alpha \sin \alpha \hat{c}_{11} + \cos \alpha \sin \alpha (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \hat{c}_{12} - \cos \alpha \sin^3 \alpha \hat{c}_{22} - \cos^3 \alpha \sin \alpha \hat{c}_{13} \\ c_{22} &= \sin^4 \alpha \hat{c}_{11} + 2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{12} + \cos^4 \alpha \hat{c}_{22} + \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{13} \\ c_{23} &= \sin^3 \alpha \cos \alpha \hat{c}_{11} + \cos \alpha \sin \alpha (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \hat{c}_{12} - \cos^3 \alpha \sin \alpha \hat{c}_{22} + \cos^3 \alpha \sin \alpha \hat{c}_{13} \\ c_{33} &= \cos \alpha \sin^3 \alpha \hat{c}_{11} - 2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \hat{c}_{12} - \cos^3 \alpha \sin \alpha \hat{c}_{22} + \cos^4 \alpha \hat{c}_{13} \end{aligned} \quad (7)$$

Важная роль в данном процессе отводится захвату изображения. В основном осуществляется при статичном изображении, т.е. при выравнивании напряжения, возникшего по причине смещений, действующими силами. Вычисляется по следующей формуле:

$$\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + f_x = 0; \quad \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + f_y = 0. \quad (8)$$

Система, представленная в уравнениях (8) и (4), может быть использована для определения вариации следов.

Однако этот процесс имеет тот недостаток, что отсутствует первое вдавливание. Причиной деформации является наличие двухмерного скана трехмерного объекта.

Отсутствие данных о действующих силах. Отсутствие метода их определения. Используя уравнения (4), (8) вычислим функции энергии

$$E = - \iint_s (u_x f_x + u_y f_y) dx dy + \frac{1}{2} \iint_s (\epsilon_{xx} \sigma_{xx} + \epsilon_{yy} \sigma_{yy} + \epsilon_{xy} \sigma_{xy}) dx dy; \quad (9)$$

Поскольку эффект действия не может быть оценен, отрицательная сумма в (9) также не может быть оценена. Необходим метод для вычисления приблизительной величины деформации: для двух изображений отпечатка пальца можно вычислить контрольные точки, принадлежащие изображениям (рис. 8). Эти данные могут быть использованы для определения точного направления действующих сил [7].



Рис. 8. Соответствие контрольных точек отпечатков пальцев

Формула вычисления наборов пар точек, соответствующих друг другу: $\{p_i\}_{i=1}^m$ и $\{q_i\}_{i=1}^m$ соответственно. Формула вычисления расстояния между 2 наборами контрольных точек:

$$L^2(u) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \|p_i + u(p_i) - q_i\|^2. \quad (10)$$

Смещение контрольной точки зависит от внешних сил. При вычислении необходимо учитывать направление потоков в контрольных точках, расположенных на папиллярных линиях:

$$L_n^2(u) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \|n(p_i + u(p_i)) - n(q_i)\|^2 \quad (11)$$

где n — функционал взятия нормали к локальному потоку папиллярных линий.

Приближенное решение (9) выявляется при помощи (10), (11) функционала с внутренней энергией деформации, регуляризующих поправки на невязку:

$$D(\mathbf{u}) = E_d(\mathbf{u}) + \alpha_1 L^2(\mathbf{u}) + \alpha_2 L_n^2(\mathbf{u}), \quad (12)$$

α_1, α_2 — весовые коэффициенты.

Формула вычисления внутренней энергии деформации E_d :

$$E_d = \frac{1}{2} \iint_S (\varepsilon_{xx} \sigma_{xx} + \varepsilon_{yy} \sigma_{yy} + \varepsilon_{xy} \sigma_{xy}) dx dy \quad (13)$$

Минимальный объем функции (12) определяется значениями на прямоугольной сетке, а значения u в точках элементов сетки интерполируются билинейными сплайнами. (12) является квадратичной функцией и зависит от значений в узлах сетки.

Если частная производная равна нулю, то можно определить минимальное значение. Она представляет

собой линейное уравнение для значения u в узлах сетки. Относительная деформация определяется со скоростью менее 0,1 секунды.

Пример результатов деформации показан на рисунке 19.

Наилучшие результаты были получены при поиске, когда изображение одного отпечатка пальца преобразовывалось в изображение другого идентичного отпечатка. Вычисление деформации сопровождается прямым наложением изображений Im_{av} :

$$Im_{av} = \frac{1}{2} (Im_2 + f_u(Im_1)) \quad (14)$$

Контрастная область необходима для определения наличия или отсутствия резонанса сосковой линии. Серые области указывают на точечные искажения.

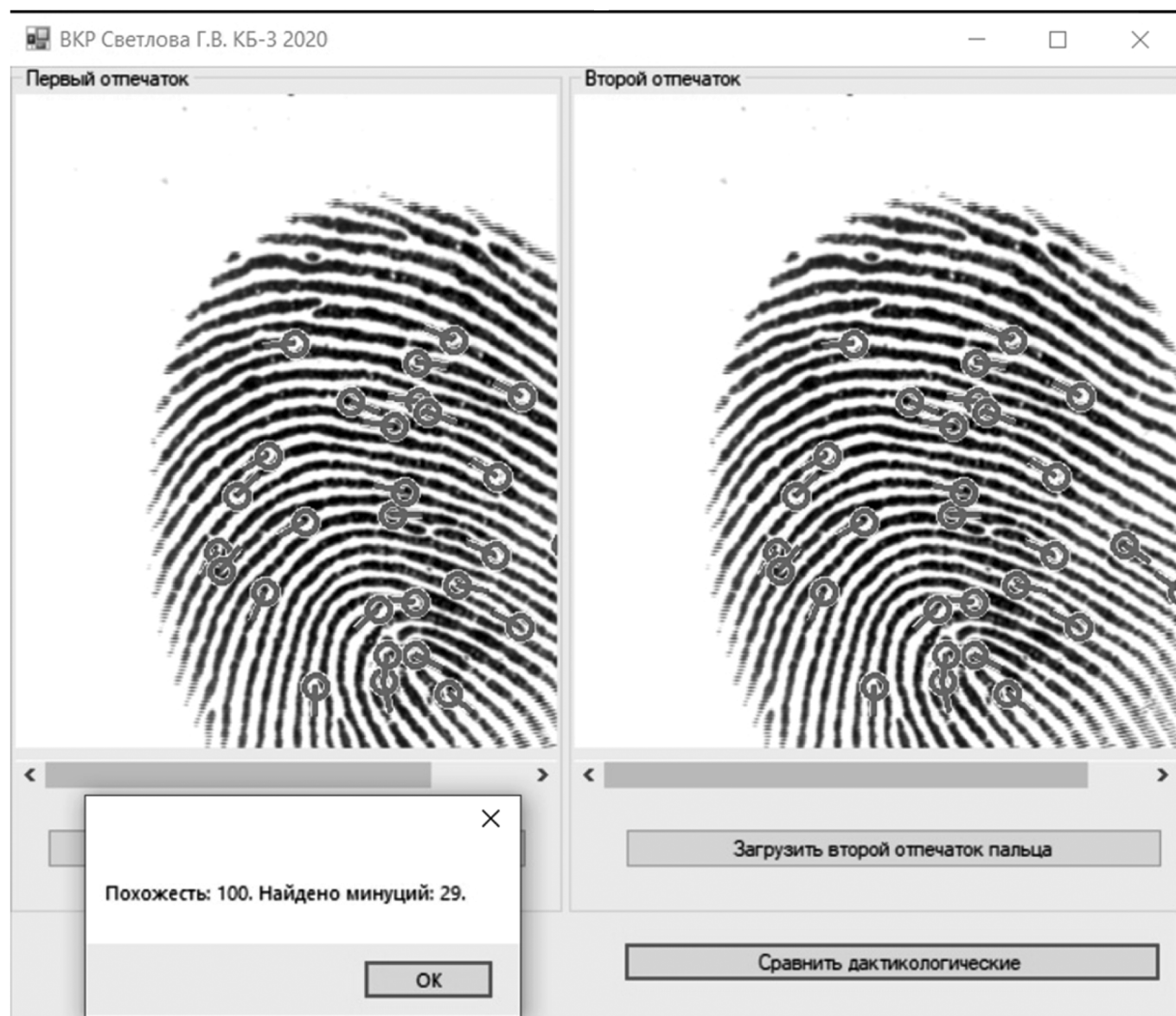


Рис. 9. Сравнение отпечатков пальцев по особым точкам без дефектов

Модель может деформировать изображение за счет анализа контраста.

На нее не влияют искажения (краевые эффекты), которые возникают в эмпирических моделях, таких как модель тонкого металлического листа или модель Каппеллита.

Пример использования

Сравнение отпечатков пальцев по особым точкам без дефектов изображено на рисунке 9.

В результате работы ПО выводится окно, на котором написан процент схожести сравниваемых дактилоскопических изображений. Вывод — 100% схожесть и найдено 24 минущии и по работает, верно.

Выводы

Обзор существующих методов анализа изображений отпечатков пальцев показывает, что они недостаточно хорошо разработаны для целей применения в информационной безопасности. Однако существует ряд эвристических и интересных методов и алгоритмов. В данной работе реализован еще один такой подход, позволяющий более качественно обрабатывать изображения отпечатков пальцев, учитывая при этом человеческий фактор в виде повреждения изображения и исследуемого образца. В результате было создано алгоритмическое программное обеспечение, способное более эффективно решать проблему анализа и распознавания изображений отпечатков пальцев в области информационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.А. Кухарев. Биометрические системы. Методы и средства идентификации
2. Партыка Т.Л., Попов И.И. Информационная безопасность. М: Форум-ИНФА-М. — 2007.
3. Кухарев Г.А. Биометрические системы: методы и средства идентификации личности человека. — СПб.: Политехника, 2001. — 240 с
4. Барсунов В.С. Биометрическая защита информации // Защита информации. Конфидент. — 2000 — № 1 — С. 45–52.
5. Салли Винер Гротта Пропуск, который всегда с тобой. Ethentica Ethenticator USB 2500 // 6 сентября, 2002 (PC Magazine/RE №5/2002)
6. Уиллес Д. Пусть Ваши пальцы зарегистрируются сами. // Сети и системы связи. — 1998 — №9(31) — С.156–160.
7. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений / Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Яншин В.В. — Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992

© Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Корягин Сергей Викторович (dongenealog2003@mail.ru); Селиванова Екатерина Алексеевна (Kate11042001@yandex.ru); Якунина Александра Андреевна (yakunina.19@yandex.ru); Прусова Елизавета Алексеевна (prussia01@yandex.ru); Тепсикоев Солтан Артурович (soltantepsikoev@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВИДЕОМОНИТОРИНГ ЗАГРУЖЕННОСТИ СТОЛОВОЙ С ПОМОЩЬЮ IP-КАМЕРЫ

VIDEO MONITORING OF THE CANTEEN'S WORKLOAD USING AN IP CAMERA

**M. Safin
R. Mavleev
A. Kazikhanov**

Summary: This article deals with the problem of high workload of the canteen in higher educational institutions. Various variants of load monitoring systems are considered to solve this problem. An example of the implementation of a monitoring system in the Kazan State Power Engineering University based on IP cameras is given.

Keywords: monitoring system, monitoring model, high workload, queues, students, university, IP cameras, information system, optimization, digitalization.

Сафин Марат Абдулбариевич

кандидат технических наук,
Казанский Государственный
Энергетический Университет
cmvorcut@mail.ru

Мавлеев Руслан Рамилевич

Казанский Государственный
Энергетический Университет
ryslik592@gmail.com

Казиханов Айдан Рафилевич

Казанский Государственный
Энергетический Университет
aidan220601@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается проблема высокой нагрузки столовой в высших учебных заведениях. Рассмотрены различные варианты систем мониторинга нагрузки, для решения данной проблемы. Приведен пример внедрения системы мониторинга в ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет» на основе IP-камер.

Ключевые слова: система мониторинга, модель мониторинга, высокая нагрузка, очереди, студенты, университет, IP-камеры, информационная система, оптимизация, цифровизация.

Введение

На сегодняшний день, в высших учебных заведениях существует проблема высокой загруженности пунктов приема пищи, из-за чего возникают следующие ситуации:

- Большие очереди на кассах
- Отсутствие возможности выбора столовой в зависимости от ее загруженности
- Опоздание студентов на учебные занятия
- Коммерческие потери столовых, из-за уходов студентов в другие места приема пищи

А также с учетом нынешней эпидемиологической ситуацией в мире, решение данной проблемы позволит, снизить заболеваемость студентов, так как способствует

уменьшению вероятности создания большого скопления людей.

Для актуализации данной проблемы, мы провели опрос среди студентов ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет». В опросе приняло участие 356 студентов всех курсов. Результаты приведены в таблице № 1.

Исходя из данных статистического опроса, можно сделать вывод, что студенты действительно испытывают вышеперечисленные проблемы, и они заинтересованы в системе мониторинга загруженности пунктов приема пищи.

Проанализировав возможные решения, было принято решение внедрения системы мониторинга в уже суще-

Таблица 1.

Результат опроса 356 студентов

Вопрос	Да, %	Нет, %	Нет, хожу кушать в другие места, %
Часто ли вы стоите в очереди в столовой?	71%	12%	17%
Бывает ли такое, что вы опаздываете на пары, из-за того, что стоите долго в очереди?	72%	28%	–
Бывает ли такое, что вы приходите в столовую, и когда там большая очередь, вы уходите кушать в другое место?	86%	14%	–
Если появится возможность мониторинга загруженности столовой с помощью приложения, в котором идет видеотрансляция, вы смогли бы спланировать свой обеденный перерыв и покушать в столовой?	83%	17%	–

ствующую информационную систему (ИС) КГЭУ «ENERS». Для этого был разработан интерфейс дополнительной вкладки «Столовая», который приведен на рис.1.



Рис. 1. Интерфейс дополнительной вкладки «Столовая»

В АИС «ENERS» студенты могут смотреть свое расписание, расписание интересующих их преподавателей, оценивать свою успеваемость при помощи балльно-рейтинговой системы, формировать обращения к администрации университета. Поэтому внедрение новой функции системы мониторинга, будет актуальна для данной ИС, и тем самым позволит студентам пользоваться удобными функциями в одном приложении.

Рассмотрим возможные решения:

1. Детектор очередей «Ivideon».

«Ivideon. Детектор очередей» — это сервис автоматического обнаружения очередей в поле зрения камер видеонаблюдения. Интерфейс сервиса на рис. 2.

Сервис позволяет контролировать появление очереди, собирать и анализировать статистику, отправлять всем заинтересованным лицам моментальные уведомления об очередях в магазине, на складе, перед кассовым терминалом, в любой зоне, выбранной для мониторинга. В данном решении используются алгоритмы машинного обучения, для того чтобы была возможность подсчитывать количество человек, которые находятся в очереди.

Сценарий использования заключается в том, что с помощью данных полученных с камер и машинного анали-

[ivideon] <https://ru.ivideon.com/blog/detektor-ocheredej-ivideon/>.

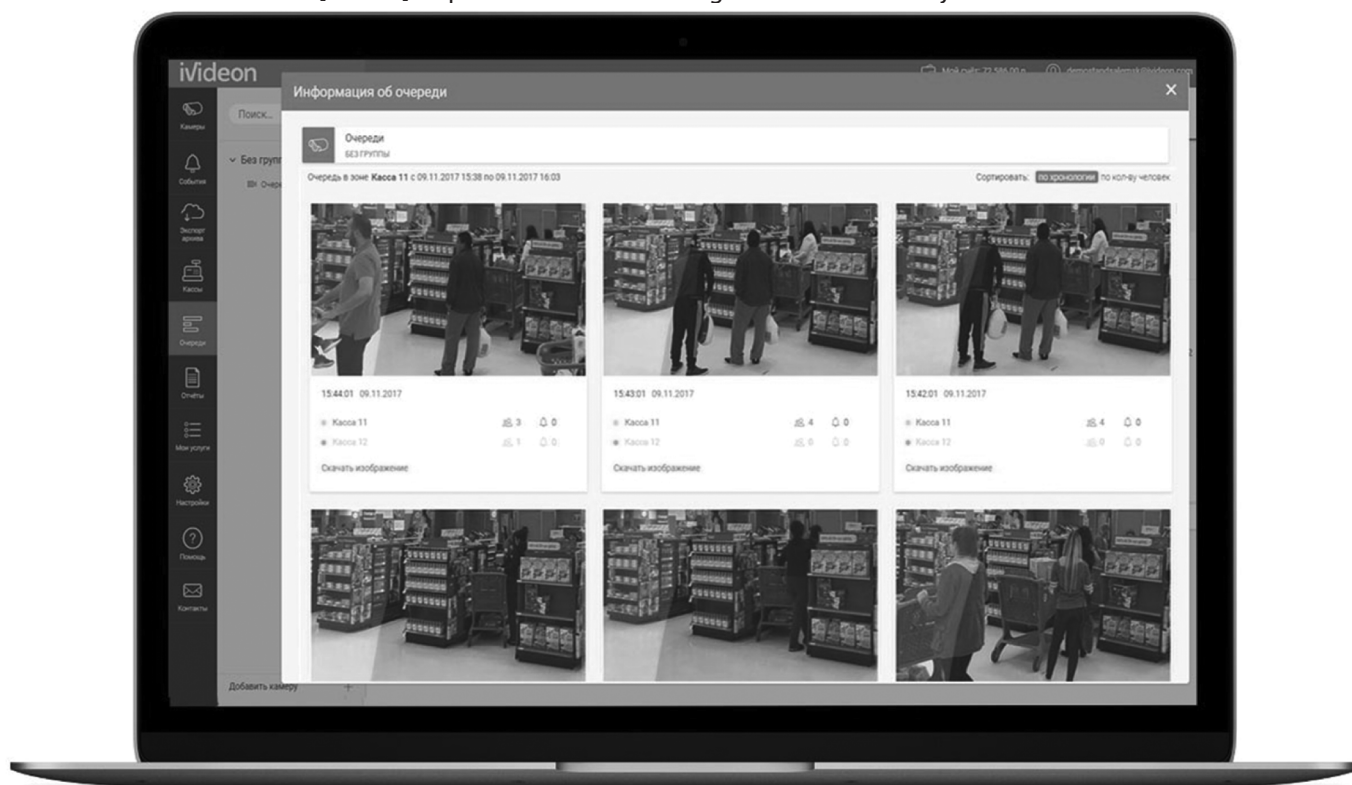


Рис. 2. Интерфейс сервиса «Ivideon»

за сервис делает вывод о загруженности столовой в реальном времени, что позволяет с помощью столбчатых диаграмм и текста предоставить информацию студенту о загруженности той или иной столовой.

Преимущества:

1. Гибкая настройка камер и алгоритма оценки загрузки
2. Архив данных со списком очередей по времени и дат
3. Готовое решение, не требующее знания программирования

Недостатки:

1. Стоимость готового решения
2. Привязанность к определенному сервису
3. Статистические ошибки

2. Счетчик посетителей TRAFFIC M mini.

Счетчик TRAFFIC M mini на рис.3. — устройство работает на основе инфракрасного излучения и поставляется с двумя модулями. Один генерирует ИК-излучение, а второй принимает. Посетитель засчитывается, когда излучение не доходит до приемника. [Traffic] https://ntkpribor.ru/catalog/infrakrasnye_schetniki_posetiteley/schetnik_posetiteley_traffic_1d/

Данный счетчик позволит подсчитывать количество студентов, которые входили и выходили за определенный промежуток времени. Данная информация выгружается или передается дистанционно, и анализируется человеком или программой. Визуализация данных может быть представлена в виде столбчатой диаграммы, которая демонстрирует степень загруженности в различных промежутки времени.

Сценарий использования заключается в том, что с помощью полученных данных мы будем отправлять

столбчатые диаграммы с статистическими данными на отдельную общедоступную вкладку в вышеописанной ИС «ENERS». Студенту потребуется просто перейти на определенную вкладку и самостоятельно оценить исторические данные об очереди в предыдущие дни, в то же время.

Преимущества:

1. Простота решения
2. Конфиденциальность посетителей

Недостатки:

1. Высокая погрешность
2. Невозможность предсказать высокую нагрузку в период проведения мероприятий
3. Дороговизна решения

Прямая трансляция с помощью IP-камеры TP-Link Taro C310

Оснащенная 3-мегапиксельной матрицей IP-камера TP-LINK Taro C310 на рис 4. универсальна с точки зрения выбора места установки. Устройство, соответствующее степени защиты IP66, защищено от пыли и осадков. Это дает возможность эксплуатировать камеру вне зданий. Универсальна модель и по способу подключения. Камера может задействовать для передачи информации Wi-Fi и Ethernet. Устройство гарантированно сохраняет работоспособность при температуре воздуха от -20 до 45 °C и относительной влажности от 10 до 90 %.

Сценарий использования заключается в том, что с помощью сервиса IVideon мы будем отправлять видеотрансляцию на сервис компании «IVideon», а далее ретранслировать данную трансляцию на отдельную общедоступную вкладку в вышеописанной ИС «ENERS». Студенту потребуется просто перейти на определенную вкладку и самостоятельно оценить очередь и принять решение.



Рис. 3. Счетчик посетителей TRAFFIC M mini



Рис. 4. IP-камера TP-Link Tapo C310

Преимущества:

1. Простота решения
2. Наглядность предоставляемой информации
3. Дешевизна решения

Недостатки:

1. Стабильное подключение к интернету

Выбор решения

На основе анализа, выполненного выше, нам необходимо выбрать определенное решение, которое будет соответствовать нашим целям и иметь целесообразность. Самым привлекательным вариантом для наших потребностей является вариант №3 «Прямая трансляция с помощью IP-камеры TP-Link Tapo C310» т.к. данное решение отвечает минимальным требованиям для нашего проекта за минимальную стоимость, и способ представления информации является удобным для нашей целевой аудитории.

Подключение к ИС «ENERS»

Для того чтобы реализовать онлайн трансляцию и внедрить её в приложение, был расписан алгоритм внедрения и составлена концептуальная схема на рис.5.

Составленный алгоритм подключения IP камеры к ИС «ENERS»

Камеры установлены таким образом, чтобы в период повышенного спроса, очередь полностью попадала

в кадр, для того чтобы определить полную картину загруженности столовой. Результат представлен на рис. 6.

Таблица 2.

№	Выполненное действие
1.	Подключение IP камеры к закрытой WiFi сети
2.	Подключение камеры к аккаунту Ivideon.
3.	В настройках камеры открываем публичный доступ к камере, и получаем html код для встраивания в нашу ИС «ENERS»: <code><div><iframe width=»640» height=»480» src=»https://rtsp.me/embed/fQ2keZft/» frameborder=»0» allowfullscreen></iframe><p align=»right»>powered by rtsp.me</p></div></code>
4.	Вставляем данный код в заранее заготовленную вкладку в ИС «ENERS»



Рис. 6. Интерфейс приложения с демонстрацией трансляции



Рис. 5. Концептуальная схема подключения

Таблица 4.

Результат опроса 259 студентов

Вопрос	1 балл, %	2 балла, %	3 балла, %	4 балла, %	5 баллов, %
Способ реализации мониторинга (где 1 балл — плохо, 5 баллов — отлично)	0%	0%	4%	6%	90%
Удобство использования сервисом (где 1 балл — невозможно, 5 баллов — отлично)	0%	0%	0%	17%	83%
Как часто пользовались сервисом? (где 1 балл — почти не пользовался, 5 баллов — каждый день)	3%	2%	16%	76%	3%
Заметили ли вы что вы начали меньше времени проводить в очереди (где 1 балл — не заметил, 5 баллов — заметно меньше)	6%	2%	6%	67%	19%

Заключение

Таким образом, в университете была внедрена система мониторинга загруженности столовой на основе IP-камер и ИС «ENERS». Для оценки внедренной системы, был проведен опрос среди студентов. Результаты представлены в таблице № 4.

По результатам опроса, наблюдается положительная оценка студентов внедренной системы. А также по собственным наблюдениям, нагруженность столовой снизилась, и студенты начали приходить кушать в незагруженные моменты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Организация эффективного управления [Электронный ресурс] // URL: <https://rzbpm.ru/knowledge/>.
2. Lucidchart [Электронный ресурс] // URL: <https://www.lucidchart.com/> [Дата обращения 12.04.2022]
3. Страшун Ю.П. Технические возможности перспективных программируемых контроллеров автоматизации ПКА // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 9. — С. 86–93. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-86-93.
4. Школа больших данных [Электронный ресурс] // URL: <https://www.bigdataschool.ru/> [Дата обращения 12.04.2022]
5. РОСТЕК [Электронный ресурс] // URL: <https://rostec.ru/>
6. ГАЗПРОМНЕФТЬ [Электронный ресурс] // URL: <https://www.gazprom-neft.ru/> [Дата обращения 12.04.2022]
7. ГАЗПРОМНЕФТЬ [Электронный ресурс] // URL: <https://www.gazprom-neft.ru/> [Дата обращения 12.04.2022]
8. ГАЗПРОМНЕФТЬ [Электронный ресурс] // URL: <https://www.gazprom-neft.ru/> [Дата обращения 12.04.2022]
9. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework (англ.) // Computers in Industry. — 2018-10-01. — Vol. 101. — P. 1–12. — ISSN 0166-3615. — doi:10.1016/j.compind.2018.04.015. Архивировано 11 июля 2021 года.
10. MSc in Data Science (англ.). School of Computing, Dundee University (1 января 2013). — «A data scientist is a person who excels at manipulating and analysing data, particularly large data sets that don't fit easily into tabular structures (so-called «Big Data»)». Дата обращения: 18 января 2013.

© Сафин Марат Абдулбариевич (smvorcut@mail.ru); Мавлеев Руслан Рамилевич (rlyslk592@gmail.com);
Казиханов Айдан Рафилевич (aidan220601@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Ступаков Валерий Яковлевич

кандидат педагогических наук,

Ростовский филиал Московского государственного
технического университета гражданской авиации

petrov55harov@mail.ru

AN INTEGRATED APPROACH TO IMPROVING THE EFFICIENCY OF AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS

V. Stupakov

Summary: The problems of reducing the accident rate of air transport in modern realities are very relevant both at the national level of states and at the level of aircraft operating organizations. The existing operating conditions of aircraft suggest the need for effective and efficient mechanisms for monitoring and controlling the aircraft during operation. However, practice shows that despite the availability of standards and rules of manufacturers, many accidents occur due to operational problems associated with the ignorance of aircraft crews of the causes of failures in the aircraft control system, and as a consequence, the choice of the wrong mechanism to stabilize the situation during the flight. In the article, the author concludes that the inability of the aircraft crew to recognize erroneous readings of on-board instruments in a timely manner and respond to them is the most common cause of loss of control over the aircraft control system. Within the framework of the study, the author proposed a comprehensive approach aimed at improving the efficiency of aircraft control systems, which is based on a mechanism for timely response of the aircraft crew to failures in the aircraft control system during flight due to procedures for monitoring the readings of aircraft control systems and timely recognition of unreliable readings, rechecking the unreliability of instruments and stabilizing the situation.

Keywords: aircraft, Pitot tubes, air flow velocity, aircraft control system, aircraft crew.

Аннотация: Проблемы снижения аварийности воздушного транспорта в современных реалиях являются весьма актуальными как на национальном уровне государств, так и на уровне организаций-эксплуатантов воздушных судов. Существующие условия эксплуатации воздушных судов предполагают необходимость наличия эффективных и действенных механизмов контроля и управления воздушным судном в процессе эксплуатации. Однако практика показывает, что несмотря на наличие стандартов и правил заводов-изготовителей, многие несчастные случаи происходят из-за проблем эксплуатации, связанных с незнанием экипажами воздушных судов причин сбоев в системе управления воздушным судном, и как следствие, выбором неправильного механизма стабилизации ситуации во время полета. В статье автором делается вывод о том, что неспособность экипажа воздушного судна своевременно распознать ошибочные показания бортовых приборов и отреагировать на них является наиболее частой причиной потери контроля над системой управления воздушным судном. В рамках исследования автором предложен комплексный подход, ориентированный на повышение эффективности систем управления воздушным судном, в основу которого заложен механизм своевременного реагирования экипажа воздушного судна на сбой в системе управления во время полета за счет процедур контроля показаний систем управления воздушным судном и своевременного распознавания ненадежных показаний, перепроверки ненадежности работы приборов и стабилизации ситуации.

Ключевые слова: воздушное судно, трубки Пито, скорость воздушного потока, система управления воздушным судном, экипаж воздушного судна.

Специфика условий эксплуатации воздушных судов, характеризующаяся наличием очень высоких и очень низких температур, высоким давлением, присутствием окислителей и материалов, вызывающих эрозию и повреждения при ударе, высоким уровнем турбулентности и другими факторами, приводит к зависимости полета от показаний бортовых приборов и своевременной реакции на такие показания со стороны экипажа воздушного судна [3]. Способ, которым воздух перемещается над, вокруг или под воздушным судном, также может сильно повлиять на его аэродинамику. Например, когда воздушный поток отрывается от крыльев, изменение давления на транспортное средство может снизить управляемость пилотом или вызвать торможение воздушного судна. В свою очередь, несвоевременное реагирование на факторы, влияющие на эксплуатацию воздушного судна, может привести к потере контроля системой управления воздушного судна, и, как следствие, аварии со смертельным исходом.

Потеря контроля системой управления в полете обусловлена тем, что воздушное судно переходит в режим полета, выходящий за рамки стандартных возможностей воздушного судна, а дополнительный элемент неожиданности для задействованного летного экипажа создает тот факт, что потеря контроля системой управления воздушным судном происходит, как правило, на высокой скорости [2, 5, 6].

Значительные сбои в системе управления воздушным судном, которые мешают управлению, могут заключаться в многократном отказе двигателя, электрооборудования, неисправности летных приборов, потере контроля над одним из элементов управления полетом (реверсорами тяги, спойлерами, предкрылками, закрылками).

Одновременным следствием основной проблемы на воздушном судне, оборудованном системой управления «Fly-By-Wire» (FBW), в которой используют компью-

теры для обработки входных данных управления полетом, сделанных пилотом или автопилотом, может быть автоматическое переключение систем управления к режимам, обеспечивающим меньшую защиту огибающей полета по сравнению с обычным законом управления полетом. С технической точки зрения обычный закон управления полетом обеспечивает управление по трем осям, защиту огибающей полета и снижение нагрузки при маневрировании [1, 6, 7], при этом огибающая полета для воздушного судна определяется исходя из утвержденных проектных возможностей конкретного воздушного судна с точки зрения воздушной скорости, коэффициента загрузки и высоты [4, 7]. Вследствие неисправности может также отключиться и система автопилотирования.

Учитывая вышеперечисленные факторы, влияющие на систему управления воздушным судном, можно сделать вывод о том, что безопасное управление возможно только в случае комплексного подхода к управлению, заключающегося в понимании взаимосвязи между системами передачи данных всеми системами управления (включая автопилотирование) и действиями экипажа воздушного судна на конкретном типе воздушного судна. Иными словами, если сбой в системе управления воздушным судном во время полета может возникнуть из-за ситуации, не подконтрольной экипажу, то последствия такого сбоя имеют прямую связь с реакцией экипажа на сбой и последовательностью тех действий экипажа, которые направлены на минимизацию последствий сбоя. Такой подход в целом раскрывает комплексную составляющую системы управления полетом, заключающуюся в единстве взаимодействия технических систем управления транспортным средством и человека (экипажа воздушного судна или одного пилота, например, на легкомоторных воздушных судах).

Массовый характер авиационных инцидентов со смертельным исходом, причиной которых была полная потеря управления из-за ошибочной реакции летного экипажа на те или иные показания технических систем управления, свидетельствует о необходимости выработки каждым эксплуатантом воздушного судна такого комплексного подхода к повышению эффективности систем управления, который будет ориентирован на своевременное реагирование экипажа на сбой в системе управления воздушным судном во время полета.

Самым известным в эксплуатации воздушного транспорта примером авиационного инцидента со смертельным исходом, произошедшего по причине неправильного понимания ошибочных показаний приборов системы управления воздушного судна, является крупнейшая катастрофа в истории Air France, произошедшая 1 июня 2009 года. Airbus A330-200 авиакомпании Air France, следовавший по регулярному маршруту Рио-де-Жанейро-

Париж, вышел из режима контролируемого полета и упал в Атлантический океан со скоростью 180 метров в секунду. В авиакатастрофе погибли все 228 пассажиров воздушного судна. По итогу расследования данного авиационного инцидента было установлено, что потеря управления стала следствием неправильной реакции экипажа воздушного судна на кратковременную потерю показаний воздушной скорости в полете, вызванную уязвимостью трубок воздушного давления (трубок Пито) к обледенению кристаллами льда [11]. Также при расследовании инцидента выяснилось, что правила авиакомпании содержали ограниченный перечень действий, которые обязан предпринимать экипаж, если у него есть сомнения относительно правильности показаний скорости [9, 10].

Вышеприведенный пример показывает не только то, к каким последствиям может привести неспособность экипажа воздушного судна своевременно распознать ошибочные показания бортовых приборов системы управления и реагировать на них, но также и то, что экипажи воздушных судов должны быть квалифицированы в расшифровке типов ошибочных показаний, которые могут возникнуть в технических системах управления.

Так, например, знаниями о специфике трубок воздушного давления и о статических системах Пито и пониманием типов ошибочных показаний, которые могут возникнуть, экипаж воздушного судна может определить, что существует проблема, и следовать процедурам по установлению и поддержанию воздушного судна в безопасном состоянии, ссылаясь на оставшуюся на приборах системы управления достоверную информацию, в частности, на положение воздушного судна в отношении установки тяги и высоты, показания которых получаются из независимых друг от друга источников данных.

Рассмотрим более подробно проблему изменения показателей трубок воздушного давления. Указываемая воздушная скорость (IAS), которая отображается на датчике воздушной скорости системы управления, подключенном к системе Пито, зависит от разницы между общим давлением (Pt), измеренным при помощи Пито-датчика, и окружающего или статического давления (Ps), измеренного на статических пластинах или отверстиях [8].

Полная или частичная блокировка Пито-датчиков (головок Пито) и статических портов может стать причиной искажения показаний приборов и сбить с толку неподготовленный экипаж воздушного судна, не разбирающийся в наличии причинно-следственной связи между сбоем в датчике воздушной скорости и возможной блокировкой Пито-датчиков. Сами же причины блокировки Пито-датчиков различны и могут быть вызваны факторами как природного, так и технического характе-

ра. В качестве факторов природного характера можно назвать: обледенение в полете, наличие во время полета сильного дождя или насекомых, вулканического пепла или дыма от горения сырой нефти. В качестве факторов технического характера можно выделить повреждение носового обтекателя, а также наличие крышек на вентиляционных отверстиях, не снятых после проведения технического обслуживания воздушного судна.

Важно отметить, что вышеперечисленный перечень причин неисправности трубок Пито не является исчерпывающим, однако наглядно показывает, что, во-первых, показатели приборов системы управления воздушного судна не всегда указывают на реальную ситуацию полета, и могут быть подвержены искажению вследствие возникновения различных факторов. Во-вторых, экипаж воздушного судна должен быть осведомлен о том, что вызывающие сомнения значения показателей скорости воздушного судна могут быть не реальными, а ошибочными и в указанной ситуации в условиях ограниченного времени первые действия, которые необходимо предпринимать, это не корректировать скорость, а проверить реальность показаний датчика скорости, то есть уметь распознавать ненадежные показания скорости воздушного потока.

Теперь, также на примере проблемы изменения показателей трубок воздушного давления, рассмотрим возможные пути решения такой проблемы в рамках комплексного подхода к повышению эффективности систем управления, ориентированного на своевременное реагирование экипажа на сбой в системе управления воздушным судном во время полета, который, на наш взгляд, должен разрабатываться эксплуатантом воздушного судна.

В основе соответствующего комплексного повышения эффективности системы управления подхода должен лежать соответствующий алгоритм действий экипажа воздушного судна в непредвиденной ситуации. При этом у лица, действующего по алгоритму, должно формироваться четкое представление о:

- причинно-следственной связи между сбоем в системе управления и возможным искажением показаний прибора (аналогично вышеприведенному примеру, где показана связь между искажением показаний скорости и сбоем в работе трубок Пито);
- порядке распознавания ненадежных показаний воздушной скорости, указывающего также на возможные средства предотвращения искажений приборов в конкретной ситуации;
- вариантах определения независимых источников информации, которые могут предоставить надежную информацию для формирования представления о ситуации.

Сформулируем порядок распознавания ненадежных показаний воздушной скорости. По общему правилу, слишком большое число Маха (обозначающее скорость полета) или колебания IAS, а также различия между целевой и фактической скоростью являются факторами, указывающими на недостоверные сведения о скорости воздушного транспортного средства.

Вместе с тем, показания приборов могут быть последовательными и при этом одинаково ненадежными, если проблема, связанная с трубками Пито, затрагивает все статические системы Пито (что характерно для старых самолетов, использующих два основных датчика Пито). В то же самое время разница между целевой и фактической скоростью может быть вызвана не сбоем в работе трубок Пито, а весом воздушного судна или неправильной конфигурацией для фазы полета. Исходя из сказанного, экипаж воздушного судна должен знать о типичных характеристиках конкретного воздушного судна: скорости, тяге, расходе топлива, особенностях набора высоты и скорости набора высоты и т.д.

Таким образом, в порядке распознавания ненадежных показаний воздушной скорости, составленном эксплуатантом воздушного судна, должны быть отражены механизмы быстрого определения причин искажения показаний. Например, исключение из возможных причин проблемы с весом, или наоборот, проблемы с трубками Пито.

Распознавание ненадежных показаний воздушной скорости является сложным процессом, поскольку экипаж может узнать о проблеме только тогда, когда она отобразилась в системе управления. Распознавание ненадежных показаний зависит и от экипажа судна и его понимания технических характеристик и устройства воздушного судна. Так, например, эксперты отмечают тот факт, что пилоты, летающие на высокоавтоматизированных самолетах, не в состоянии описать некоторые контрольные показатели скорости.

Причиной невозможности распознать ошибку может стать и автопилот. Так, при ошибочном определении превышения скорости системой автоматического торможения, при фактическом отсутствии такого превышения команда экипажу на уменьшение тяги может привести к сваливанию воздушного судна.

Для перепроверки причины ненадежности работы приборов системы управления должны быть определены надежные источники информации, которые позволяют быстро перепроверить данные о скорости и возможности их искажения.

Рассмотрим наиболее простые источники информации, независимые от статических систем Пито, которые

могут предоставить надежную информацию и о которых должны знать экипажи во время предполетной подготовки: данные об оборотах и расходе топлива для индикации тяги двигателя; данные об отображении тангажа и крена; данные о векторе траектории полета (FPV) (при наличии), данные со средств радионавигации.

После перепроверки показаний воздушной скорости и определения причин ненадежных показаний должен быть определен алгоритм действий экипажа в зависимости от причины неисправности. Применительно к рассматриваемой в настоящем исследовании неисправности в качестве алгоритма действий экипажа можно предложить выполнение дальнейшего полета с учетом приблизительной мощности и тангажа, до устранения проблемы или при невозможности ее устранения до определения того, какой именно элемент системы управления показывает недостоверную информацию.

В качестве основ для настройки тангажа и мощности для полетов на разных этапах, для каждого воздушно-

го судна целесообразно обязать экипаж изучать также соответствующие рекомендации производителей конкретных типов воздушных судов. Благодаря вышеприведенному комплексному подходу можно обеспечить безопасность воздушного судна и минимизировать риск возникновения человеческой ошибки.

Подводя итог настоящему исследованию, отметим, что неспособность экипажа воздушного судна своевременно распознать ошибочные показания бортовых приборов и отреагировать на них является наиболее частой причиной потери контроля над системой управления воздушным судном. В рамках исследования автором предложен комплексный подход, ориентированный на повышение эффективности систем управления воздушным судном, в основу которого заложен механизм своевременного реагирования экипажа воздушного судна на сбой в его системе управления во время полета за счет процедур контроля показаний систем управления воздушным судном и своевременного распознавания ненадежных показаний, перепроверки ненадежности работы приборов и стабилизации ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинский В.С., Нестеренко Г.И., Райхер В.Л. Поддержание летной годности конструкций аттестованных самолетов по условиям ресурса: труды ЦАГИ. — 1998. — Вып. 2631. — С. 73–75.
2. Мешанков Д.В., Тихонов А.И. Создание современной системы обеспечения безопасности полетов на воздушном транспорте // Московский экономический журнал. — 2022. — № 1. — С. 801–811.
3. Нестеренко Б.Г., Нестеренко Г.И. Обеспечение безопасности эксплуатации конструкций самолетов по условиям прочности // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2013. — № 1. — С. 76–92.
4. Проблемы обеспечения безопасности полетов гражданских транспортных самолетов в условиях длительной эксплуатации // Техническая информация ЦАГИ. — 1980. — №8. — С. 9–25.
5. Окоёмов Б.Н., Роднов Н.А., Фащевский Н.Н. Один из подходов к повышению безопасности полета самолета при нарушении работоспособности системы управления // Спецтехника и связь. 2010. №2-3. С. 38–45.
6. Ezzeddine W, Schutz J, Rezg N. Experiences Plan Approach for Static Pressure Reliability; Case Study: Aircrafts Pitot Sensors. Int J Aeronautics Aerospace Res. 2019; S1:02:001:1-8.
7. Robert A. Meyers. Encyclopedia of Physical Science and Technology. Reference Work. Third Edition. Academic Press. 2001. 793 p.
8. Valasek, John & Dorsett, K & Valasek, John & Dorsett, Kenneth. (2001). AIAA-2001-4312 A Modern Approach to Graduate Flight Dynamics, Stability, and Control Courses A MODERN APPROACH TO GRADUATE FLIGHT DYNAMICS, STABILITY, AND CONTROL COURSES. 10.2514/6.2001-4312.
9. Accident and Serious Incident Reports. Электронный ресурс. Режим доступа: AW <https://skybrary.aero/articles/accident-and-serious-incident-reports-aw> (дата обращения 27.03.2023 г.).
10. Официальный сайт Joint Council on Aging Aircraft Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.aaeaero/jcaa.html> (дата обращения 31.03.2023 г.).
11. Промежуточный отчет о расследовании катастрофы А330-200 «Эр Франс» Режим доступа: <https://www.aex.ru/docs/4/2009/12/29/908/?ysclid=lhap7xhj9v362239332> (дата обращения 31.03.2023 г.).

© Ступаков Валерий Яковлевич (petrov55harov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ЧАТ-БОТА ДЛЯ ПОИСКА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER

CHATBOT SOFTWARE TOOL FOR SEARCHING UNSTRUCTURED TEXT DATA BASED ON DOCKER TECHNOLOGY

V. Filatov
S. Koryagin
A. Kryazhin
A. Andreev
A. Rusakov

Summary: This article presents the architecture of a text analytics system for creating text bots, searching for unstructured data based on modern python libraries. A distinctive feature of the developed architecture is the use of docker with accompanying tools in the form of containers, which allow you to run this system on any platform, scaling to any task. The text visualization based on d3js library is also used, which allows to understand the meaning of this text and to describe the main topics considered in the text.

Keywords: morphological analysis, keyword extraction, unstructured data mining, text mining, Docker.

Филатов Вячеслав Валерьевич

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

Корягин Сергей Викторович

кандидат технических наук, доцент,
Российский Технологический Университет МИРЭА
dongenealog2003@mail.ru

Кряжин Александр Александрович

Российский Технологический Университет МИРЭА
8743808@gmail.com

Андреев Александр Григорьевич

Российский Технологический Университет МИРЭА
festagain123@gmail.com

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель,
Российский Технологический Университет МИРЭА
rusal@bk.ru

Аннотация. В данной статье приводится архитектура системы текстовой аналитики для создания текстовых ботов, поиска неструктурированных данных на основе современных библиотек python. Отличительной особенностью, разрабатываемой архитектуры, является использование docker с сопутствующими инструментами в виде контейнеров, которые позволяют запускать данную систему на любой платформе, масштабируя под любую задачу. Также используется визуализация текста на основе библиотеки d3js, которая позволяет понять смысл данного текста и описать основные темы, рассматриваемые в тексте.

Ключевые слова: морфологический анализ, извлечение ключевых слов, поиск неструктурированных данных, интеллектуальный анализ текста, Docker.

Введение

С развитием интернета и ростом популярности автоматической обработки естественного языка (NLP) и компьютерной лингвистики, чат-боты стали активно применяться в разных сферах, таких как развлечения и бизнес. Повышение эффективности чат-ботов позволило им осуществлять рутинные задачи и круглосуточно отвечать на вопросы клиентов.

Одним из ключевых аспектов анализа и обработки естественного языка является извлечение ключевых слов из текста, что способствует быстрому пониманию его смысла. В связи с актуальностью проблемы информационного шума, программное средство, реализованное в данном проекте, направлено на ускорение процесса анализа больших объемов текста и извлечение наиболее важной информации для пользователя.

Далее будет рассматриваться разработка программного средства чат-бота для поиска неструктурированных текстовых данных и извлечения ключевых слов. Основные задачи, решаемые в ходе работы, включают обзор математических методов и алгоритмов для анализа текстов, разработку архитектуры системы текстовой аналитики и технологической структуры чат-бота [1].

Архитектура системы текстовой аналитики

Для морфологического анализа применяется библиотека rutmorphu2, основанная на словаре OpenCorpora и структуре данных DAWG. Сначала токены получают грамматическую информацию, после чего обрабатываются для создания специальных классов.

Предсказатель rutmorphu2 имеет два алгоритма предсказания, работающих совместно. Один из подходов заключается в отсечении префиксов, особенно если

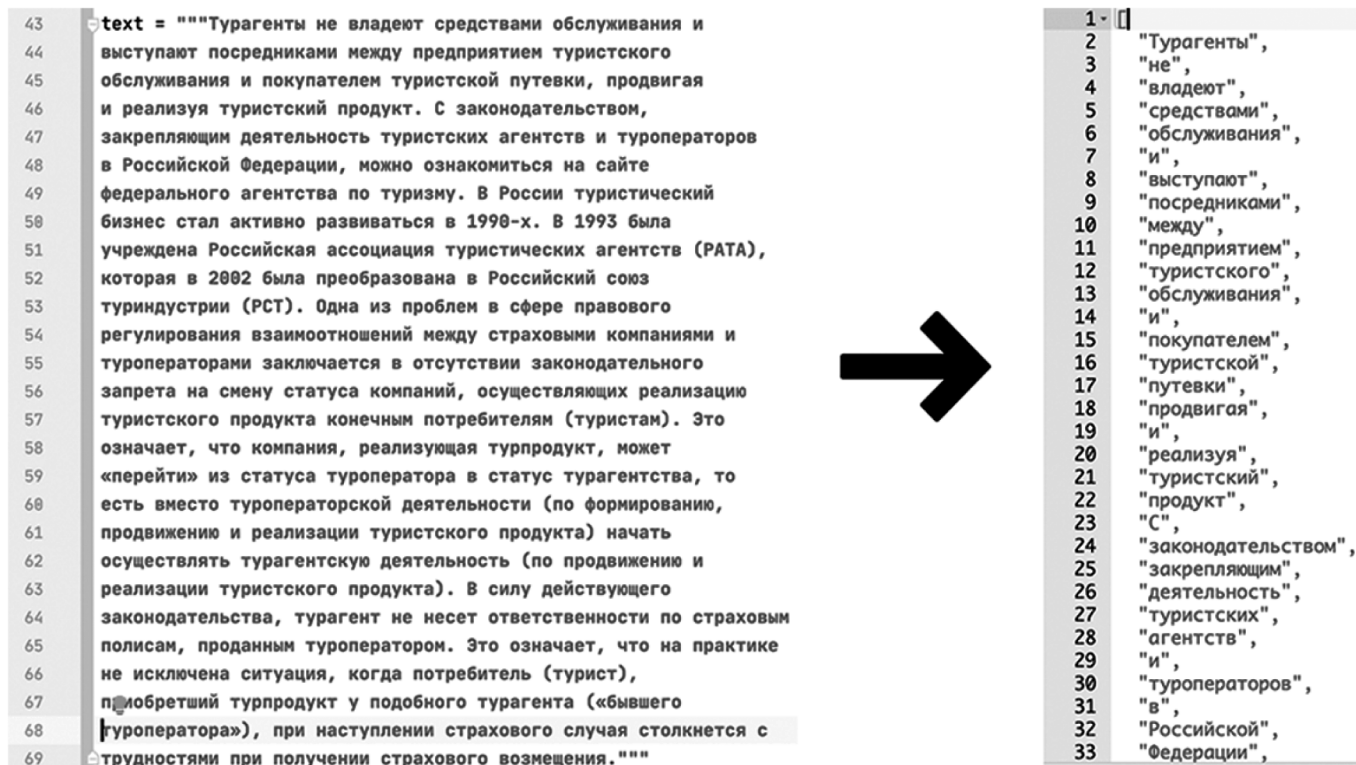


Рис. 1. Токенизация текста

```

110 chunk: 33
111 Parse(word='российский', tag=OpencorporaTag('ADJF masc,sing,nomn'), normal_form='российский', score=0.85, methods_
112 Parse(word='союз', tag=OpencorporaTag('NOUN,inan,masc sing,nomn'), normal_form='союз', score=0.767857, methods_sta
113 Parse(word='туриндустрии', tag=OpencorporaTag('NOUN,inan,femn sing,gent'), normal_form='туриндустрия', score=0.2,
114
115 subchunk: 33.1
116 Parse(word='союз', tag=OpencorporaTag('NOUN,inan,masc sing,nomn'), normal_form='союз', score=0.767857, methods_sta
117 Parse(word='туриндустрии', tag=OpencorporaTag('NOUN,inan,femn sing,gent'), normal_form='туриндустрия', score=0.2,
118
119 subchunk: 33.2
120 Parse(word='туриндустрии', tag=OpencorporaTag('NOUN,inan,femn sing,gent'), normal_form='туриндустрия', score=0.2,
121

```

Рис. 2. Пример извлечения вложенных слов с помощью параметра nested

они являются известными словообразовательными префиксами [2].

Если слово не начинается с известного префикса, анализатор все равно пробует разобрать слово путем отсечения префикса. Алгоритм корректно работает только с не очень длинными префиксами и не очень короткими остатками.

Алгоритм извлекает данные последовательности в списки логических блоков, которые впоследствии, после их обработки, станут ключевыми словами. В работе данного алгоритма также заложена возможность извлечения вложенных термов с помощью специального аргумента nested.

Задача выделения ключевых слов преобразуется в задачу разметки последовательности с использова-

нием статистической модели и ручной ВЮ-разметки. В множество допустимых признаков X входят группы признаков, такие как варианты разбора токена по словарю, признаки на основе написания токена, положения токена в предложении и наличие слов-триггеров.

Ключевые слова имеют вид: $\langle \text{adj} \rangle^* \langle \text{noun} \rangle^+$, где $\langle \text{adj} \rangle^*$ означает встреченные ноль или несколько прилагательных (а также числительных или причастий), а $\langle \text{noun} \rangle^+$ означает одно или несколько существительных.

После извлечения ключевых слов производится расчет веса и сортировка по частоте употребления и количеству слов. При визуализации графов веса корректируются с использованием меры TF-IDF для одиночных ключевых слов. TF-IDF — это статистическая мера, ис-

пользуемая для оценки важности слова в тексте, учитывающая частоту термина и обратную частоту документа.

Для русского языка на текущий момент не создано корпуса с разметкой временных выражений, поэтому для тестирования статистической модели была выполнена ручная BIO-разметка. BIO-последовательность содержит метку для каждого токена текста: В (начало ключевого слова), I (внутри ключевого слова) и O (вне ключевого слова).

Следующим этапом является применение алгоритма BIO-разметки для извлечения ключевых слов. Задача выделения временного выражения сводится к задаче разметки последовательности, где y — скрытая последовательность переменных, x — последовательность наблюдаемых переменных.

Результатом алгоритма является извлечение ключевых слов из текста, которые могут быть использованы для анализа, визуализации и дополнительной обработки. Важность каждого ключевого слова оценивается на основе его частоты и веса, корректируемого с помощью меры TF-IDF.

Подбор современных инструментов для разработки чат-бота

Архитектура чат-бота основана на микросервисном подходе и включает 4 слабо связанных Docker-контейнера (рисунок 3):

Технология создания Telegram чат-ботов, разработанный на Python, прослушивает и обрабатывает запросы пользователей. После обработки текста и извлечения ключевых слов, результаты отправляются в NoSQL базу данных MongoDB, представленную другим микросервисом. Каждому запросу присваивается случайный идентификатор, по которому можно получить результат работы алгоритма через веб-браузер: чат-бот формирует ссылку на веб-страницу и отправляет ее пользователю в мессенджере.

База данных NoSQL MongoDB хранит ключевые слова, извлеченные из текста пользователя, в формате JSON-документа с уникальным идентификатором.

Фреймворк Eve предоставляет HTTP REST API для доступа к результатам обработки текста пользователя в базе данных MongoDB с использованием JavaScript XMLHttpRequest запросов.

Веб-сервер Nginx обеспечивает доступ к результатам обработки текста через веб-браузер. Запросы к REST API, написанному на Python-фреймворке Eve, обрабатываются базой данных MongoDB, которая извлекает дан-

ные и возвращает их JavaScript обработчику в браузере. JavaScript-алгоритмы обрабатывают полученные ключевые слова и отображают их пользователю в виде графиков с использованием JavaScript-библиотеки D3.js.

Схематичное изображение последовательности работы чат-бота представлено на рисунке ниже. Далее приведены следующие библиотеки Python, которые использовались для решения поставленной задачи:

Библиотека `python-telegram-bot` — это инструмент для разработки ботов в мессенджере Telegram на языке Python. Она предоставляет простой и удобный интерфейс для создания и настройки ботов, а также позволяет легко взаимодействовать с Telegram API. С помощью `python-telegram-bot` вы можете создавать ботов для общения с пользователями, управления группами, отправки уведомлений и многого другого.

`rumorphy2` — это библиотека морфологического анализа русских слов на языке Python [2]. Она позволяет лемматизировать и склонять слова, определять их части речи, падежи и другие характеристики. `rumorphy2` используется в различных проектах, связанных с обработкой естественного языка, в том числе в поисковых системах и анализаторах текста.

`rumongo` — это библиотека для работы с базами данных MongoDB на языке Python [6]. Она предоставляет удобный интерфейс для взаимодействия с базой данных, позволяет выполнять запросы на чтение и запись данных, а также работать с индексами и агрегатами. `rumongo` поддерживает все основные функции MongoDB и может быть использована для разработки приложений, связанных с хранением и обработкой данных.

`rutermextract` — это библиотека для извлечения ключевых слов из текстов на русском языке [5]. Она используется для автоматической обработки больших объемов текста и позволяет выделять наиболее значимые слова и фразы. `rutermextract` основана на статистических методах анализа текста и может быть использована для анализа статей, отзывов, новостей и других типов текстов.

Eve — это фреймворк для создания RESTful API на языке Python. Он позволяет быстро и легко создавать API для веб-приложений, используя базу данных MongoDB в качестве хранилища данных. Eve предоставляет гибкую систему маршрутизации, аутентификации и авторизации, а также позволяет легко настраивать параметры API, такие как форматы ответов, фильтрация и сортировка данных. Eve может быть использован для создания различных приложений, связанных с обработкой данных и взаимодействием с внешними сервисами.

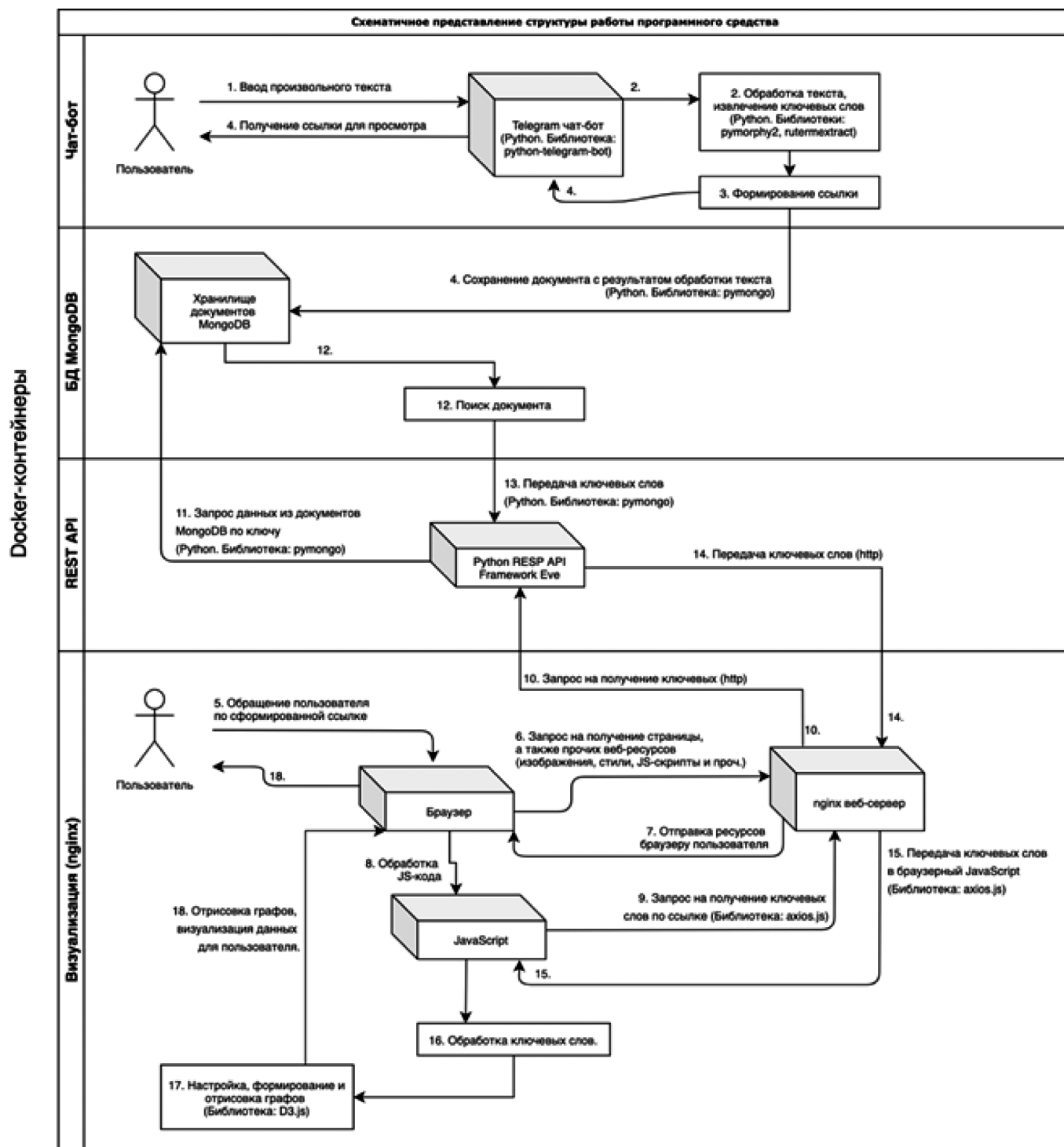


Рис. 3. Схематичное представление структуры работы программного средства через Docker-контейнеры

Тестирование и отладка программного средства

Для тестирования работы программного средства проводилась серия экспериментов, в результате чего было сделано заключение, что разработанное программное средство чат-бота может применяться для решения поставленной задачи.

На приведенных ниже скриншотах был произведен тест программного средства с использованием произвольного текста из произведения Ф.М. Достоевского «Братья Карамазовы».

Был начат диалог с ботом. Боту был отправлен произвольный текст (рисунок 4);

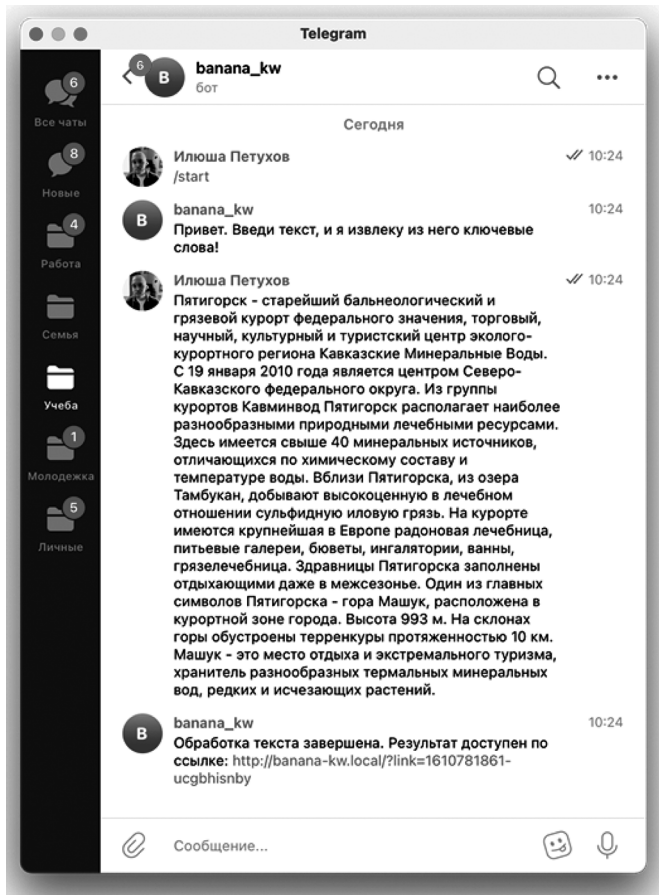


Рис. 4. Запрос на обработку текста

1. Пользователь перешел по ссылке для просмотра результата обработки текста в виде графа ключевых слов (рисунок 5);

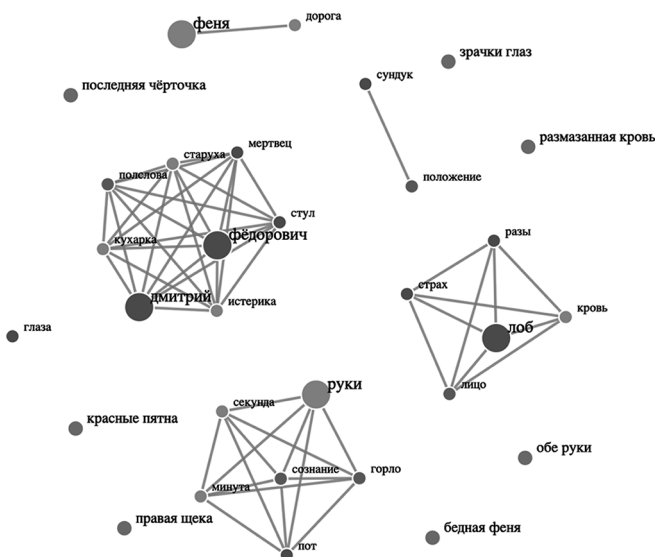


Рис. 5. Получение визуализированного результата в виде графов со списком ключевых слов

2. Был произведен более подробный разбор ключевых слов с помощью дополнительной пользовательской настройки в интерфейсе страницы (рисунок 6).

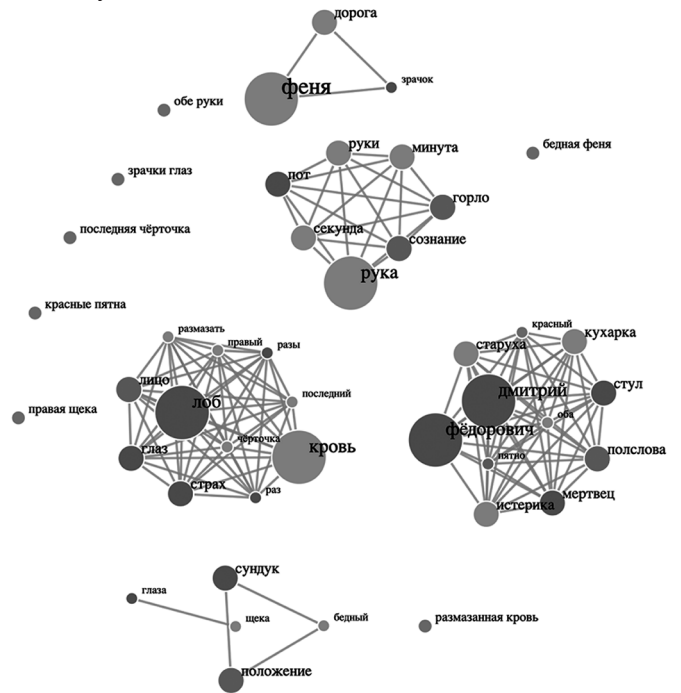


Рис. 6. Более подробный разбор ключевых слов

Выводы

В данной работе была разработана система текстовой аналитики на основе микросервисной архитектуры, представленная в виде чат-бота для мессенджера Telegram. Для решения поставленной задачи были использованы следующие библиотеки и инструменты: python-telegram-bot, rumorphy2, ruterextract, rumongo, Eve. Система осуществляет морфологический анализ текста, извлечение ключевых слов, а также оценку их важности на основе меры TF-IDF. Разработанное программное средство было протестировано на примере произвольного текста из произведения Ф. М. Достоевского «Братья Карамазовы». Результаты работы системы были успешно визуализированы в виде графа ключевых слов и могут быть использованы для анализа, визуализации и дополнительной обработки текстов на русском языке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зильберман Н.Н. Технологии виртуальных собеседников и формы речевого взаимодействия //Гуманитарная информатика. — 2009. — №. 5. — С. 80–85.
2. Иомдин Л.Л. и др. Синтаксический анализатор системы ЭТАП: современное состояние //Annual International Conference» Dialogue. — 2012.
3. Казеников А.О. Сравнительный анализ статистических алгоритмов синтаксического анализа на основе деревьев зависимостей //Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог. — 2010. — №. 9. — С. 16.
4. Rad V.B., Bhatti H.J., Ahmadi M. An introduction to docker and analysis of its performance //International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS). — 2017. — Т. 17. — №. 3. — С. 228.
5. Korobov M. Morphological analyzer and generator for Russian and Ukrainian languages //Analysis of Images, Social Networks and Texts: 4th International Conference, AIST 2015, Yekaterinburg, Russia, April 9–11, 2015, Revised Selected Papers 4. — Springer International Publishing, 2015. — С. 320–332.
6. Banker K. et al. MongoDB in action: covers MongoDB version 3.0. — Simon and Schuster, 2016.
7. Мальковский М.Г., Арефьев Н.В. Сочетаемость ограничения в системе автоматического синтаксического анализа //Программные продукты и системы. — 2012. — №. 1. — С. 28–31.
8. Горелов А.И. Обзор развития технологий виртуальных собеседников //Научно-практические исследования. — 2018. — №. 6. — С. 74–80.

© Филатов Вячеслав Валерьевич (filv@mail.ru), Корягин Сергей Викторович (dongenealog2003@mail.ru);
Кряжин Александр Александрович (8743808@gmail.com); Андреев Александр Григорьевич (festagain123@gmail.com);
Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАРУШЕНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ КАК ОДНО ИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ОСНОВНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ «ЦЕЛИАКИЯ»

Агеев Кирилл Владимирович

Первый Московский государственный
медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
dr.ageevkirill@yandex.ru

VIOLATION OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM AS ONE OF THE CONSEQUENCES OF THE UNDERLYING DISEASE «CELIAC DISEASE»

K. Ageev

Summary: Celiac disease is a complex autoimmune disease characterized by damage not only to the small intestine, but also to the nervous system. Neurological manifestations in celiac disease are quite diverse. An important part of them is vegetative dysfunction, which in turn plays a role in the formation of changes in the functioning of the gastrointestinal tract.

Keywords: celiac disease, autonomic dysfunction, nervous system.

Аннотация. Целиакия является сложным аутоиммунным заболеванием, характеризующимся поражением не только тонкого кишечника, но и нервной системы. Неврологические проявления при целиакии достаточно разнообразны. Важную часть из них составляет вегетативная дисфункция, которая в свою очередь играет роль в формировании изменений работы желудочно-кишечного тракта.

Ключевые слова: целиакия, вегетативная дисфункция, нервная система.

Введение

Целиакия или глютеновая энтеропатия (ГЭ) представляет собой аутоиммунное заболевание, вызванное употреблением в пищу глютена, который, при наличии генетической предрасположенности, способствует развитию повреждения стенки тонкого кишечника и последующей мальабсорбции [1]. Распространенность ГЭ составляет 0,3–1,5 % в общей популяции [2,3]. Принято считать, что характерная для ГЭ клиническая картина желудочно-кишечного (ЖК) заболевания представляет собой небольшую часть так называемого «айсберга целиакии». Более чем у 50 % взрослых пациентов наблюдается внекишечное поражение, в т.ч. при отсутствии типичной клиники ГЭ. Ряд авторов рассматривают данное заболевание, как сложное системное с многофакторным патогенезом, возникающее в результате воздействия глютена, поступающего в организм человека из окружающей среды с пищей, на генетически предрасположенных лиц.

Неврологические нарушения при глютеновой энтеропатии

Примерно у 36% взрослых пациентов неврологические симптомы возникают в самом начале ГЭ [4]. В то же время у пациентов с неврологическими проявлениями гастроинтестинальные симптомы ГЭ могут отсутствовать [5]. Наиболее распространенными неврологическими проявлениями при ГЭ являются [6–11]:

- мозжечковая атаксия («глютеновая атаксия», наиболее частое неврологическое нарушение, проявляющееся прогрессирующей атаксией походки, дисфонией, дизартрией, пирамидными симптомами и аномальными движениями глаз);
- периферическая невропатия (второе по частоте неврологическое проявление — до 39 % пациентов);
- эпилепсия (от 3,5 % до 7,2 % пациентов);
- головная боль;
- легкие когнитивные симптомы, часто называемые «мозговым туманом» (трудности с концентрацией внимания, эпизодические дефициты памяти);
- психические расстройства, включая апатию, депрессию, биполярное расстройство, чрезмерную тревогу, раздражительность, шизофрению, синдром дефицита внимания/гиперактивности, аутизм и нарушения сна.

У пациентов с диагностированной ГЭ могут отсутствовать явные симптомы вегетативной дисфункции (ВД) кроме изменений функционирования ЖК тракта [12]. Этиологические факторы и патофизиологические механизмы неврологического поражения при ГЭ требуют изучения. Согласно последним данным, в основе заболевания может лежать глютен-опосредованный патогенез, включая перекрестную реакцию антител (АТ), образование иммунных комплексов, прямую нейротоксичность и, в тяжелых случаях, дефицит витаминов или питательных веществ.

В последние годы у пациентов с ГЭ все чаще обнаруживаются признаки вегетативной нейропатии [13]. Патогенетические факторы, лежащие в основе развития ВД, в данном случае не ясны. Исследователями были выдвинуты гипотезы об аутоиммунном повреждении или нарушении обмена веществ [14].

В своей работе Giorgetti и соавт. обследовали пациентов с ГЭ на предмет наличия ВД. Авторы предположили, что нарушение функции вегетативной нервной системы (ВНС) может играть роль в развитии симптомов поражения верхних отделов ЖК тракта. Однако в исследовании пациентов с жалобами на симптомы со стороны ЖК тракта признаков ВД обнаружено не было. Зафиксирована ВД была только у 1/5 пациентов без ЖК симптомов, но авторы исследования считают, что исключать ВД у больных ГЭ нельзя.

Патогенетические механизмы развития вегетативной дисфункции

Пациенты с ГЭ могут предъявлять жалобы на слабость или хроническую усталость. В большинстве случаев это связано с возникновением мальабсорбции, в остальных — можно заподозрить ВД, соответственно. У больных с ГЭ чаще отмечается ортостатическая гипотензия, которая, наиболее вероятно, связана с латентным нарушением симпато-вагусного баланса, т.е. с относительным преобладанием парасимпатического компонента ВНС. Несмотря на возможную связь ГЭ и ВД, у таких пациентов симптомы нарушений работы ВНС могут сохраняться на фоне соблюдения безглютеновой диеты (БГД), что, вероятно, может быть связано с возрастом, полом и длительностью потребления глютена.

В дальнейшем происходит аутоиммунная аксональная агрессия на вегетативные нервные волокна. Результаты исследования Luostarinen и соавт. показали, что аксональная невропатия при ГЭ также может быть субклинической без каких-либо признаков мальабсорбции и часто сохраняется, несмотря на адекватное и полноценное соблюдение БГД [15]. Эта гипотеза может оправдать сохранение ортостатической гипотензии у пациентов после 6–12 месяцев соблюдения БГД, а также может объяснить, почему у некоторых больных ГЭ сохранялась или рецидивировала хроническая усталость, несмотря на адекватное лечение. Возможно, рецидив системных симптомов связан со случайным попаданием глютена в организм без ведома самого потребителя.

Некоторым авторами предполагается, что молекулярная мимикрия между глиадином, входящим в состав глютена, и структурными белками нервной системы играет важную роль в неврологических проявлениях ГЭ [16]. Кишечный TG2 имеет высокую генетическую и функциональную гомологию с TG6, изоформой головно-

го мозга, которая экспрессируется активированными астроцитами, микроглией и нейронными клетками критических областей, участвующих в регуляции двигательной активности, т.е. базальных ганглиев, ствола мозга, мозжечка, бледного шара, гипоталамуса, области перегородки, некоторых премозжечковых ядер, спинальных мотонейронов, черного вещества и субталамического ядра [17]. У пациентов с болезнью Крона наблюдается реактивность сывороточного иммуноглобулина А к тканевой трансглутаминазе (ATGA) и АГА к глубоким ядрам мозжечка, ствола мозга и кортикальным нейронам, что приводит к перекрестной реакции с клетками Пуркинье и последующем их повреждением [18].

В литературных источниках сообщалось об общих эпитопах для глиадинов, входящих в состав глютена, и клеток Пуркинье [19]. Эти механизмы могут способствовать нарушению барьерной функции в иммуно-привилегированных органах, таких как головной и спинной мозг, хотя на сегодняшний день весь механизм до конца неизвестен [20]. В исследованиях было обнаружено, что у макак-резусов с CD высокая экспрессия miRNA-204 напрямую связана с кишечным белком TJ claudin 1, тем самым способствуя снижению его экспрессии [21]. Активация микроглии может также инициировать механизмы miRNA, которые нацелены на гены, связанные с врожденной иммунной системой, TJ и эрозией гликокаликса на уровне гематоэнцефалического барьера, нарушение которого также может быть вызвано системными воспалительными факторами (например, интерлейкин (ИЛ)-1, ИЛ-6, ИЛ-8 и фактор некроза опухоли α), такими же как те, что вырабатываются в кишечнике пациентов с болезнью Крона, что, в свою очередь, приводит к стойкому хроническому воспалению, которое, как замыкающая часть порочного круга, способствует повышению чувствительности пациентов с ГЭ к глютену [22].

Дополнительный этиологический фактор неврологического поражения при ГЭ могут представлять собой антинейрональные (АН) АТ. В своем исследовании Volta и соавт. выявили наличие АН АТ у 61 % больных ГЭ с неврологической симптоматикой, в большинстве случаев, принадлежащих к классу IgG, с титрами от 1:50 до 1:200 [23]. Более чем у 50% больных АТ исчезали через год соблюдения БГД, что сопровождалось уменьшением или исчезновением неврологической симптоматики. Авторы также обнаружили АН АТ против энтеральных нервных волокон без какой-либо существенной разницы в распространенности среди пациентов с ГЭ и контрольной группы. Также Cervio и соавт. продемонстрировали *in vitro*, что воздействие на нейрональные клетки сыворотки с АН АТ, полученными от пациентов с ГЭ, индуцирует митохондриально-зависимый апоптоз посредством активации фактора-1, активирующего апоптозную протеазу, через связанный с Bcl-2 X-белок и транслокацию цитохрома C [24]. В дальнейшем Volta и соавт. [25] про-

демонстрировали наличие антиганглиозидных (АГ) АТ у 64 % пациентов с ГЭ и неврологическими симптомами, из которых у 50 % после одного года соблюдения БГД АТ не определялись. Анализ индивидуальных реактивных типов АТ показал, что подтипы анти-GM1 и анти-GD1b значительно чаще встречались у пациентов с ГЭ и ВД, чем у пациентов с ГЭ без неврологической симптоматики. Авторы не обнаружили корреляции между титром АГ АТ и выраженностью атрофии ворсин кишечника. На сегодняшний день пусковой фактор, определяющий образование АГ АТ, остается неизвестным [26]. Молекулярная мимикрия между микробными антигенами, такими как липоолигосахариды *Campylobacter jejuni* и ганглиозиды, была выдвинута как возможный механизм образования АГ АТ, что отражает аномальный иммунный ответ на кишечные микробные антигены [27].

В основном ГЭ диагностируется путем обнаружения АТГА-IgA в сыворотке (чувствительность 93 %, специфичность 95 %) и с помощью биопсии двенадцатиперстной кишки [28]. Циркулирующие АГА и АТГА могут присутствовать у больных с неврологическими проявлениями и при отсутствии объективного поражения кишечника. Экспрессируемый в центральной нервной системе активированными астроцитами, микроглией и нейронами, TG6 считается аутоантигеном и начальным маркером неврологического поражения при заболеваниях, связанных с глютеном, особенно при глютеновой атакии. По этой причине АТГА был предложен в качестве чувствительного и специфического биомаркера для диагностики неврологической патологии у больных с ГЭ [17].

Неврологические изменения, которые часто встречаются у пациентов с ГЭ, также были обнаружены и без данного заболевания, но с положительной серологией АГА, что предполагает альтернативные причины воздействия глютена на ВНС среди большинства АГА-положительных пациентов без ГЭ [29]. При изучении АГА от больных шизофренией не выявлено реактивности к дезамидированным пептидам глиаина. Также сообщается об ассоциации между иммунным ответом АГА и АТГА или человеческого лейкоцитарного антигена (HLA)-DQ2/DQ8 у пациентов с ГЭ, но не у пациентов с шизофренией, предполагая, что иммунный ответ АГА при шизофрении не зависит от действия фермента трансглутаминазы и HLA-DQ2/DQ8. Эти результаты указывают на то, что генетическую основу разницы между антигенной специфичностью АГА у лиц с болезнью Крона и шизофренией.

Предпочтительное связывание HLA-DQ2 (90–95 %) и HLA-DQ8 (5–10 %) с пептидами, полученными из глютена, объясняет генетическую основу ГЭ [30]. Однако лишь 0,4 % случаев пациентов с ГЭ не являются носителями HLA-DQ2/DQ8. Дополнительная генетическая предрас-

положенность связана с неизвестным количеством не-HLA генов, которые кодируют белки с иммунологической функцией, такие как CTLA-4, ИЛ-2, ИЛ-21, ИЛ-12A, ИЛ-18R1, ИЛ-18RAP, RGS1 и RGS1 [31].

По данным литературы частота ВД у пациентов с ГЭ сходна с таковой при других функциональных ЖК расстройствах, но ниже, чем у пациентов, например с сахарным диабетом [32]. Патогенетические факторы, участвующие в формировании ВД у пациентов с ГЭ, на сегодняшний день точно не установлены. Для изучения вегетативной функции предпочтительны кардинальные тесты, ввиду доступности, относительной дешевизны и воспроизводимости. Хотя некоторые авторы считают, что абдоминальные вагусные пробы должны быть специфичнее кардиовагальных ввиду того, что на последние могут оказывать влияние измененный психологический профиль или другие внекишечные расстройства, предполагается, что эти методы взаимозаменяемы.

Результаты оценки проявления ВД значительно коррелируют с возрастом пациента, что позволяет предположить, что лица с длительно текущим заболеванием более склонны к развитию невропатии. Слабая, но значимая связь была также обнаружена между результатом проб с вегетативной оценкой и наличием двухпиковых волн пищевода. Интересно, что такие волны (также определяемые как сокращения «кроличьего уха») были описаны при сахарном диабете, осложненном симптоматической вегетативной нейропатией [32].

Вегетативная невропатия у больных с ГЭ (даже без выраженных клинических проявлений) может, по крайней мере частично, осложняться возникновением нарушений моторной функции верхних отделов кишечника. Эта гипотеза подтверждается тем фактом, что при других ЖК расстройствах, характеризующихся нарушением моторики, часто имеет место ВД: гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, функциональная диспепсия, синдром раздраженного кишечника, псевдонепроходимость кишечника и язвенный колит. Тем не менее, статистическая связь между оценками вегетативной функции и параметрами моторики наблюдалась нечасто [33].

Двигательные нарушения ЖК при ГЭ наблюдаются чаще, чем ВД. Например, наиболее частой аномалией моторики пищевода является «пищевод-щелкунчик» — расстройство моторики, иногда связанное с психологическими изменениями. Интенсивное повреждение слизистой оболочки, наблюдаемое при ГЭ, может провоцировать изменения сократительной деятельности верхних отделов кишечника за счет нарушений сложной гормональной и нейроиммунотулирующей регуляции слизистой оболочки кишечника [33].

Заклучение

Неврологические изменения при ГЭ достаточно разнообразны. Диагностические критерии и алгоритмы диагностики ВД у пациентов с данным заболеванием

не однозначны и требуют дальнейшего изучения и формирования. Необходим диагностический поиск и проведение дифференциальной диагностики между подозрением на ВД и других патологий ЖК тракта у пациентов с ГЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pennisi M. Neurophysiology of the 'celiac brain': Disentangling gut-brain connections / M Pennisi, A Bramanti, M Cantone, G Pennisi, et al.// *Front. Neurosci.* — 2017. — V. 11:498. doi: 10.3389/fnins.2017.00498.
2. Morello F. Migraine, cortical blindness, multiple cerebral infarctions and hypocoagulopathy in celiac disease / F Morello, G Ronzani, F Cappellari// *Neurol. Sci.* — 2003. — V. 24. — P. 85–89. doi: 10.1007/s100720300079.
3. Bingley PJ. Undiagnosed coeliac disease at age seven: Population based prospective birth cohort study / PJ Bingley, AJ Norcross, RJ Lock, et al.// *BMJ.* — 2004. — V. 328. — P. 322–323. doi: 10.1136/bmj.328.7435.322
4. Chaudhry V, Ravich WJ. *Neurology and General Medicine: Expert Consult.* Elsevier Inc.; Amsterdam, The Netherlands: 2008. Other Neurological Disorders Associated With Gastrointestinal, Liver, or Pancreatic Diseases; pp. 281–292.
5. Hadjivassiliou M. Gluten sensitivity: From gut to brain / M Hadjivassiliou, DS Sanders, RA Grünewald, N Woodroffe, et al.// *Lancet Neurol.* — 2010. — V. 9. — P. 318–330. doi: 10.1016/S1474-4422(09)70290-X
6. Hadjivassiliou M. Gluten-Related Disorders: Gluten Ataxia / M Hadjivassiliou, DD Sanders, DP Aeschlimann// *Dig. Dis.* — 2015. — V. 33. — P. 264–268. doi: 10.1159/000369509
7. Mearns ES. Neurological Manifestations of Neuropathy and Ataxia in Celiac Disease: A Systematic Review / ES Mearns, A Taylor, KJ Thomas Craig, S Puglielli, et al.// *Nutrients.* — 2019. — V. 11:380. doi: 10.3390/nu11020380
8. Parisi P. Role of the gluten-free diet on neurological-EEG findings and sleep disordered breathing in children with celiac disease / P Parisi, N Pietropaoli, A Ferretti, R Nenna, et al.// *Seizure.* — 2015. — V. 25. — P. 181–183. doi: 10.1016/j.seizure.2014.09.016
9. Hadjivassiliou M. Headache and CNS white matter abnormalities associated with gluten sensitivity / M Hadjivassiliou, R Grunewald, M Lawden, G Davies-Jones, et al.// *Neurology.* — 2001. — V. 56. — P. 385–388. doi: 10.1212/WNL.56.3.385
10. Yelland GW. Gluten-induced cognitive impairment («brain fog») in coeliac disease / GW Yelland// *J. Gastroenterol. Hepatol.* — 2017. — V. 32. — P. 90–93. doi: 10.1111/jgh.13706
11. Karwautz A. Eating Pathology in Adolescents With Celiac Disease / A Karwautz, G Wagner, G Berger, U Sinnreich, et al.// *J. Psychosom. Res.* — 2008. — V. 49. — P. 399–406. doi: 10.1176/appi.psy.49.5.399
12. Gibbons CH. Autonomic neuropathy and coeliac disease / CH Gibbons, R Freeman// *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* — 2005. — V. 76(4). — P. 579–581. doi: 10.1136/jnnp.2004.047480
13. Usai P. Autonomic dysfunction and upper digestive functional disorders in untreated adult coeliac disease / P Usai, P Usai Satta, M Lai, MG Corda, et al.// *Eur. J. Clin. Invest.* — 1997. — V. 27. — P. 1009–1015.
14. Pengiran Tengah DS. Neurological complications of coeliac disease / DS Pengiran Tengah, AJ Wills, GK Holmes// *Postgrad. Med. J.* — 2002. — V. 78. — P. 393–398.
15. Luostarinen L. Neuromuscular and sensory disturbances in patients with well treated coeliac disease / L Luostarinen, SL Himanen, M Luostarinen, P Collin, T Pirttilä// *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* — 2003. — V. 74. — P. 490–494.
16. Kumar R. Human genome search in celiac disease using gliadin cDNA as probe / R Kumar, A Lumsden, PJ Ciclitira, H Ellis, G Laurie// *J. Mol. Biol.* — 2000. — V. 300. — P. 1155–1167. doi: 10.1006/jmbi.2000.3927
17. Hadjivassiliou M. Transglutaminase 6 antibodies in the diagnosis of gluten ataxia / M Hadjivassiliou, P Aeschlimann, DS Sanders, M Mäki, et al.// *Neurology.* — 2013. — V. 80. — P. 1740–1745. doi: 10.1212/WNL.Ob013e3182919070
18. Hadjivassiliou M. Neurologic Deficits in Patients With Newly Diagnosed Celiac Disease Are Frequent and Linked With Autoimmunity to Transglutaminase 6 / M Hadjivassiliou, ID Croall, P Zis, PG Sarrigiannis, et al. // *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* — 2019. — V. 17. — P. 2678–2686.e2. doi: 10.1016/j.cgh.2019.03.014
19. Coronel-Rodríguez C. Neurological Manifestations of the Celiac Disease in Children / C Coronel-Rodríguez, A Rodríguez-Martínez// *OBM Neurobiol.* — 2020. — V. 4. — P. 1–15. doi: 10.21926/obm.neurobiol.2003066
20. Kociszewska D. The Association of Inflammatory Gut Diseases with Neuroinflammatory and Auditory Disorders / D Kociszewska, SM Vlajkovic// *Front. Biosci.* — 2022. — V. 14:8. doi: 10.31083/j.fbe1402008
21. Mohan M. Dietary Gluten and Neurodegeneration: A Case for Preclinical Studies / M Mohan, CM Okeoma, K Sestak// *Int. J. Mol. Sci.* — 2020. — V. 21:5407. doi: 10.3390/ijms21155407
22. Porpora M. Inflammation Is Present, Persistent and More Sensitive to Proinflammatory Triggers in Celiac Disease Enterocytes / M Porpora, M Conte, G Lania, C Bellomo, et al. // *Int. J. Mol. Sci.* — 2022. — V. 23:1973. doi: 10.3390/ijms23041973
23. Volta U. Clinical Findings and Anti-Neuronal Antibodies in Coeliac Disease with Neurological Disorders / U Volta, R de Giorgio, N Petrolini, V Stanghellini, et al.// *Scand. J. Gastroenterol.* — 2002. — V. 37. — P. 1276–1281. doi: 10.1080/003655202761020542
24. Cervio E. Sera of Patients With Celiac Disease and Neurologic Disorders Evoke a Mitochondrial-Dependent Apoptosis In Vitro / E Cervio, U Volta, M Verri, F Boschi, et al.// *Gastroenterology.* — 2007. — V. 133. — P. 195–206. doi: 10.1053/j.gastro.2007.04.070

25. Volta U. Anti-ganglioside antibodies in coeliac disease with neurological disorders / U Volta, R De Giorgio, A Granito, V Stanghellini, et al. // *Dig. Liver Dis.* — 2006. — V. 38. — P. 183–187. doi: 10.1016/j.dld.2005.11.013
26. Perera VN. Molecular mimicry in *Campylobacter jejuni*: Role of the lipo-oligosaccharide core oligosaccharide in inducing anti-ganglioside antibodies / VN Perera, I Nachamkin, H Ung, JH Patterson, et al. // *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* — 2007. — V. 50. — P. 27–36. doi: 10.1111/j.1574-695X.2007.00225.x
27. Patel SC. Celiac Disease, Beyond the Bowel: A Review of Its Neurological Manifestations / SC Patel, D Shreya, DI Zamora, GS Patel, et al. // *Cureus.* — 2021. — V. 13:e20112. doi: 10.7759/cureus.20112
28. McKeon A. The neurologic significance of celiac disease biomarkers / A McKeon, VA Lennon, SJ Pittock, TJ Kryzer, J Murray // *Neurology.* — 2014. — V. 83. — P. 1789–1796. doi: 10.1212/WNL.0000000000000970
29. Leffler DA. Extraintestinal manifestations of coeliac disease / DA Leffler, PHR Green, A Fasano // *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* — 2015. — V. 12. — P. 561–571. doi: 10.1038/nrgastro.2015.131
30. Vives-Pi M. Biomarkers for Diagnosis and Monitoring of Celiac Disease / M Vives-Pi, S Takasawa, I Pujol-Autonell, R Planas, et al. // *J. Clin. Gastroenterol.* — 2013. — V. 47. — P. 308–313. doi: 10.1097/MCG.0b013e31827874e3
31. Bharucha AE. Autonomic dysfunction in gastrointestinal motility disorders / AE Bharucha, M Camilleri, PA Low, et al. // *Gut.* — 1993. — V. 34. — P. 397–401.
32. Loo FD. Multiphased oesophageal peristaltic pressure waves in patients with diabetic neuropathy / FD Loo, WJ Dodds, KH Soergel, et al. // *Gastroenterology.* — 1985. — V. 88. — P. 485–491.
33. Usai P. Autonomic neuropathy in adult celiac disease / P Usai, P Usai Satta, V Savarino, MF Boy // *Am. J. Gastroenterol.* — 1996. — V. 91(8). — P. 1676–1677.

© Агеев Кирилл Владимирович (dr.ageevkirill@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗИСТЕНТНАЯ ЦЕЛИАКИЯ. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

RESISTANT CELIAC DISEASE. CASE REPORT AND LITERATURE REVIEW

K. Ageev

Summary: Celiac disease is a complex autoimmune disease that causes increased consumption of gluten. The article discusses various types of celiac disease, diagnostic methods and criteria. Gluten sensitivity occurs not only in celiac disease, but also in some other diseases that require a multidisciplinary definition and accurate analysis of anamnesis, identified and laboratory data.

Keywords: celiac disease, antibodies, enteritis, gluten, diet.

Агеев Кирилл Владимирович

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
dr.ageevkirill@yandex.ru

Аннотация: Целиакия — сложное аутоиммунное заболевание, провоцирующим фактором которого является потребление глютена. В статье рассмотрены различные виды целиакии, диагностические методики и критерии. Чувствительность к глютену встречается не только при целиакии, но и некоторых других заболеваниях, которые требуют мультидисциплинарного подхода и тщательного анализа анамнеза, клинических и лабораторных данных.

Ключевые слова: целиакия, антитела, энтерит, глютен, диета.

Введение

Целиакия представляет собой иммуноопосредованную реакцию организма человека на глютен, характеризующуюся воспалительным поражением стенки тонкой кишки у генетически предрасположенных субъектов в результате неадекватного иммунного ответа, опосредованного Т-клетками [1,2]. Эта патология встречается во всем мире у 0,6 %–1 % населения [3].

Не существует «золотого стандарта» диагностики целиакии. Долгое время обсуждалось так называемое «правило четырех из пяти» в качестве стандарта медицинской помощи [4]. Согласно этому правилу, для постановки диагноза целиакии достаточно четырех из следующих критериев: (1) типичные симптомы (диарея и мальабсорбция), (2) положительная реакция на антитела (АТ), (3) положительная реакция на человеческий лейкоцитарный антиген (HLA)-DQ2 или HLA-DQ8, (4) повреждение кишечника (т.е. атрофия ворсинок и незначительные поражения), (5) клинический ответ на безглютеновую диету (БГД). Это правило также помогает в дифференциальной диагностике между подтипами целиакии: неклассическая, серонегативная, потенциальная, нереактивная.

Клинический случай

Больная М. 55 лет длительно наблюдалась у гастроэнтеролога по поводу заболевания тонкого кишечника «Целиакия». С 2018 году пациентку стали беспокоить снижение массы тела, боли в околопупочной области, изжога, нарастание астенического синдрома. Пациентке выполнена магнитно-резонансная томография органов брюшной полости. Выявлено: кардио-фундальная

грыжа, диффузные изменения печени и поджелудочной железы, перегиб желчного пузыря, локальные рубцово-атрофические изменения в паренхиме среднего сегмента правой почки по задней ее поверхности, киста в паренхиме нижнего сегмента левой почки. Также пациентке выполнена фиброколоноскопия: дивертикулез сигмовидной кишки, петлистая сигмовидная кишка, комбинированный геморрой. Пациентка получала рекомендованную врачом терапию (в т.ч. антациды, ингибиторы протонной помпы), но без клинического эффекта. Отмечалась прогрессирующая потеря массы тела.

В августе–сентябре 2019 г. пациентка снова проходит обследование. При ультразвуковом исследовании органов брюшной полости не обнаружено значимых изменений. При эзофагогастродуоденоскопии выявлены недостаточность кардии, грыжа пищеводного отдела диафрагмы, катаральный рефлюкс-эзофагит, антральный гастрит с очаговой атрофией, дуоденит с наличием лимфангиоэктазии, положительная реакция на *Helicobacter Pylori*. При проведении водородного дыхательного теста с лактулозой выявлен избыточный бактериальный рост.

В связи с прогрессированием астении на фоне снижающегося веса было выполнено эндоскопическое и морфологическое, иммунологическое исследование тонкого кишечника. Выявлены анти-tTG-IgA 16.4, IgG 3.4, DGP-IgG, IgA.

По результатам обследования установлен диагноз: «Целиакия Marsh IIIb». Дивертикулезная болезнь толстой кишки без признаков дивертикулита. Синдром избыточного бактериального роста. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь в эндоскопически негативной стадии. Грыжа пищеводного отдела диафрагмы. Хронический

гастрит, ассоциированный с *Helicobacter pylori*, стихающее обострение. Хронический гепатит неуточненной этиологии.

Пациентке была рекомендована безглютеновая диета, на фоне которой отмечены незначительные улучшения в общем самочувствии. Тенденция снижения массы тела сохранялась. К терапии были добавлены глюкокортикостероиды — Преднизолон без эффекта. В 2020 г. выполнена повторная биопсия тонкого кишечника, по результатам которой диагностирована рефрактерная целиакия Marsh IIIc. По данным обследования: повышение IgG, гамма-глобулинов, aLKM1 33,4 (норма до 20), ASMA 1/40 (норма 1/10).

В декабре 2020 г. неоднократно развивались судорожные приступы, выставлен диагноз симптоматическая эпилепсия. В дальнейшем состояние пациентки продолжало ухудшаться. В январе 2021 г. госпитализирована с диагнозом: Ишемический инсульт в бассейне левой средней мозговой артерии, неуточненный патогенетический вариант. Фон: Артериальная гипертензия 3 степени, III стадии, риск сердечно-сосудистых осложнений 4. Сопутствующий: Бронхиальная астма. Симптоматическая эпилепсия. Дивертикулярная болезнь толстой кишки без прободения и абсцесса. Целиакия, Marsh III c (по данным морфологического исследования от 07.2020 г.). Интраабдоминальная и периферическая лимфаденопатия. Дивертикулярная болезнь толстой кишки без признаков дивертикулита. Мезентериальный панникулит. Сухой синдром. Грыжа белой линии живота. Вероятно, узловатая эритема, ст. 3. Нитчатый кератит. Бронхиальная астма, эндогенно-экзогенная форма, легкой степени персистирующая, вне обострения. Разрыв сетчатки от 06.2020 (курс лазерной терапии). Гиперкинетический синдром с поражением нижних конечностей. Двухсторонний пирамидный синдром.

В течение госпитализации пациентке проводилось лечение: микофенолата мофетил 500 мг 2 раза в день, кеппра 500 мг 2 раза в день, омез 20 мг 2 раза в день, метипред 1000 мг внутривенно капельно на физиологическом растворе, эноксипарин натрия 0,4 мг 1 раз в день подкожно, глазные капли максидекс 1 капля 2 раза в день, систейн по 1 капле 2 раза в день, рестазис по 1 капле 2 раза в день.

Пребывание пациентки в стационаре закончилось летальным исходом.

Обсуждение

Все диагностические серологические тесты следует проводить у пациентов, находящихся на глютеносодержащей диете [5]. Наиболее чувствительным тестом для диагностики целиакии считается сывороточный имму-

ноглобулин А (IgA) — АТ к тканевой трансглутаминазе (анти-tTG-IgA). Хотя имеет место его низкая специфичность [6]. Напротив, антиэндомизиальные АТ IgA (EMA-IgA) почти на 100 % специфичны для целиакии, но менее чувствительны. До 2 % пациентов с целиакией не имеют циркулирующих АТ к глютену [7]. У пациентов с дефицитом IgA в качестве альтернативного метода предлагается использовать определение уровня АТ к дезаминированным пептидам глиадина (DGP-IgG) вместе с анти-tTG-IgG [8, 9].

Биопсия двенадцатиперстной кишки остается основной диагностики этого состояния [11]. Образцы для гистологии следует собирать из нескольких локаций, учитывая возможное неоднородное распределение поражений при целиакии. Рекомендуется сбор четырех биоптатов из второй части двенадцатиперстной кишки и двух из луковицы [12,13].

Гистологические данные в настоящее время определяются в соответствии с классификацией, предложенной Marsh и впоследствии модифицированной Oberhuber [14]. Патологические изменения обозначаются как Marsh-Oberhuber 0 (нормальная гистология), 1, 2 или 3 (3a, 3b и 3c). Увеличение интраэпителиальных лимфоцитов (ИЭЛ) без атрофии ворсинок определяет поражение Marsh 1. В большинстве случаев поражения Marsh 1 (также называемые минимальными поражениями) имеют место при таких патологических состояниях, как лимфоцитарный колит, бактериальные и паразитарные кишечные инфекции, избыточный бактериальный рост в тонком кишечнике, болезнь Крона, общий вариабельный иммунодефицит и прием нестероидных противовоспалительных препаратов [15]. Изменения Marsh 1 в сочетании с положительной серологией могут указывать на вероятную болезнь Крона. [10]. Когда увеличение ИЭЛ сочетается с гиперплазией крипт двенадцатиперстной кишки, поражение классифицируется как Marsh 2.

Повышение ИЭЛ в сочетании с атрофией ворсинок определяется как Marsh 3 (легкое — 3a, умеренное — 3b, промежуточное 3c) [14,16]. В нашем клиническом случае выявлено повышение ИЭЛ и промежуточная атрофия ворсинок тонкого кишечника.

О сильном генетическом компоненте целиакии свидетельствует ее высокая конкордантность среди монозиготных близнецов (75–80 %) [17]. Наличие человеческого лейкоцитарного антигена (HLA) -DQ2/DQ8 является патогенным условием развития типичных иммунных изменений, обнаруживаемых при целиакии. В то же время HLA DQ2/DQ8 может быть обнаружен у 30–40 % населения без данного заболевания, поэтому его специфичность крайне низкая [18]. Отсутствие же HLA DQ2/DQ8 практически исключает диагноз целиакии [17,18,19].

Рефрактерная целиакия (РЦ) расценивается как осложнение хронической целиакии [1]. Т-клеточная лимфома, ассоциированная с энтеропатией, также представляет собой осложнение нелеченной целиакии [20]. Для РЦ характерны персистирующее течение и рецидивы симптомов и признаков мальабсорбции с подтвержденной атрофией ворсинок, несмотря на строгую БГД в течение более 12 месяцев при отсутствии других причин [17].

Это состояние может быть первичным (резистентным на момент постановки первичного диагноза) или вторичным (возникающим после периода ответа на безглютеновую диету) [1]. Первым шагом в диагностике подозрения на РЦ является повторная оценка биопсий и серологических тестов, полученных во время постановки первичного диагноза целиакии [21]. Играет роль и человеческий фактор: непреднамеренное употребление глютена на фоне соблюдения БГД. При постановке диагноза РЦ необходимо исключить другие ассоциированные или сопутствующие патологические состояния: непереносимость лактозы и фруктозы, избыточный бактериальный рост в тонком кишечнике, микроскопический колит, недостаточность поджелудочной железы и воспалительные заболевания кишечника [22, 23].

Существует 2 типа РЦ: тип 1 и тип 2 [1]. В данном случае наиболее надежным методом диагностики является Т-клеточная проточная цитометрия. Аберрантные Т-клетки теряют нормальные поверхностные маркеры CD3 и CD8 с сохраненной экспрессией внутрицитоплазматического CD3. При РЦ-1 процент аберрантных Т-клеток составляет менее 20%, тогда как при РЦ-2 они составляют более 20% от общего числа ИЭЛ [21]. Второй тип РЦ некоторые авторы рассматривают как прелимфому или лимфому низкой степени злокачественности [24].

Пятилетняя выживаемость при РЦ-1 очень высокая (> 90 %) [22]. При РЦ-1 терапией первой линии должен быть препарат будесонид в открытой капсуле 3 мг 3 раза в день [23]. Терапия второй линии для РЦ-1 включает иммунодепрессанты, глюкокортикостероиды (преднизолон 0,5–1 мг/кг/день) и азатиоприн (2–2,5 мг/кг/день) [23]. Можно рассмотреть возможность отмены иммуносупрессивной терапии после 2–3 лет полного ответа [24].

Реже встречается РЦ-2, для которой характерен более высокий уровень смертности, а лечение неоднозначно. Системные глюкокортикостероиды или будесонид должны быть средствами первого выбора. В тяжелых случаях следует выбирать циторедуктивную терапию, такую как кладрибин и флударабин, или аутологичную трансплантацию гемопоэтических стволовых клеток [22]. Некоторые авторы рекомендуют азатиоприн, 6-меркаптопурин, метотрексат, циклоспорин и антитела против фактора некроза опухоли в качестве возможных методов лече-

ния. При РЦ-2 вероятна трансформация в ассоциированную с энтеропатией Т-клеточную лимфому.

Поскольку целиакия является единственным аутоиммунным заболеванием с известным триггером окружающей среды (глютеном), необходим контроль соблюдения БГД [30]. Последующее наблюдение также важно для оценки возможных осложнений [24]. Последующие визиты к врачу следует проводить каждые 3–6 месяцев в течение первого года, а затем каждые 1–2 года [9]. Нормализация уровня tTG-IgA не является показателем полного восстановления атрофии ворсинок. Устойчиво положительная серология через 12 месяцев после начала БГД является показателем потребления глютена [27].

Расстройства эмоциональной сферы являются еще одной распространенной проблемой у пациентов с целиакией. Тревога, депрессия и утомляемость могут быть связаны с этим заболеванием как до, так и после постановки диагноза и могут влиять на качество жизни [27]. Пациентам рекомендуется вступать в группы и ассоциации поддержки больных целиакией [9]. Также может быть предложена психологическая поддержка со стороны специалистов (психолог, психотерапевт) [28].

Глютен — это белок с высоким содержанием пролина и глутамина, в основном находящийся в пшенице. Рожь и ячмень также содержат глютен [1]. Овес, который не содержит глютен, безопасен почти для всех пациентов с целиакией [29]. Российские рекомендации 2016 г. запрещают потребление овса пациентами с болезнью Крона и целиакией [10]. В руководящих принципах ВОЗ «Стандарт пищевых продуктов для специального диетического питания для лиц с непереносимостью глютена» указано, что продукты, помеченные как «безглютеновые», должны содержать ≤ 20 частей на миллион (ppm) глютена [30]. Предметы общего пользования (посуда, столовые приборы) можно безопасно использовать, если их тщательно мыть водой с мылом между использованием [31].

Дополнительное консервативное лечение и поддержание ЖКТ (желудочно-кишечного тракта) при целиакии.

1. Цитрат магния способствует очищению кишечника, улучшению нервной проводимости, обеспечению полноценного функционирования мышц, снятию симптомов усталости, поддержанию здоровья зубов и костей, снижению показателей гликемии, повышению общего иммунитета.
2. L-глутамин обеспечивает рост клеток, поддерживает кишечный метаболизм и нормальную его функцию, восстанавливает повреждение, нанесенное глютенном.
3. Омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты являются природным противовоспалительным средством.

4. Витамин К2 — это жирорастворимое вещество, крайне необходимое в процессах метаболизма. Выступает как источник энергии, роста, как активный участник обменных процессов. Он способствует нормальной проницаемости кишечника.
5. Витамин D3 регулирует усвоение кальция, магния и фосфора, что необходимо для поддержания в нормальном состоянии костной ткани, ускоряет процесс обмена веществ, способствует всасыванию в кишечнике соединений этих химических элементов.
6. Алтай лекарственный имеет выраженный обволакивающий эффект. Слизистая структура экстракта целебной культуры помогает мягко и бережно обволакивать слизистые ткани, защищая их от различных повреждений. Уменьшает воспаление в пищеварительном тракте и смягчает его.
7. Горная мука (Диатомит) — это горная порода с большим содержанием органического кремния. Сегодня все большее количество людей обращает внимание на ее роль для состояния волос, ногтей,

костей и суставов. Она активирует процесс детоксикации и выводит токсины из организма.

8. Пищевой рацион: квашенная капуста домашнего приготовления исключительно на яблочном уксусе (для нормализации микрофлоры кишечника); — мясной бульон (улучшение работы ЖКТ, получение мясного коллагена); — кокосовое масло (источник калорий); — жирная рыба (источник калорий, фосфор); — авокадо (источник калорий); — компот из изюма и кураги; — имбирь (нормализация аппетита).

Заключение

В данном клиническом примере описывается длительно текущая целиакия, манифестация которой произошла в зрелом возрасте, сопровождавшаяся обострением хронических сопутствующих заболеваний. Целиакия носит злокачественный характер. Следует применять индивидуальный подход к диагностике и лечению пациентов с данным заболеванием с целью профилактики ее возможных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ludvigsson JF. The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. JF Ludvigsson, DA Leffler, JC Bai, F Biagi, et al.// Gut. — 2013. — V. 62. — P. 43–52.
2. Biagi F. Risk of complications in coeliac patients depends on age at diagnosis and type of clinical presentation / F Biagi, A Schiapatti, G Maiorano, G Fraternali// Dig. Liver Dis. — 2018. — V. 50. — P. 549–552.
3. Fasano A. Clinical practice. Celiac disease / A Fasano, C Catassi// N. Engl. J. Med. — 2012. — V. 367. — P. 2419–2426.
4. Catassi C. Celiac disease diagnosis: simple rules are better than complicated algorithms / C Catassi, A Fasano// Am. J. Med. — 2010. — V. 123. — P. 691–693.
5. Hischenhuber C. Review article: safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. C Hischenhuber, R Crevel, B Jarry, M Maki, et al.// Aliment. Pharmacol. Ther. — 2006. — V. 23. — P. 559–575.
6. Sood A. Prevalence and clinical significance of IgA anti-tissue transglutaminase antibodies in patients with chronic liver disease. A Sood, MS Khurana, R Mahajan, V Midha, et al.// J Gastroenterol. Hepatol. — 2017. — V. 32. — P. 446–450.
7. Leonard MM. AGA Clinical Practice Update on the Evaluation and Management of Seronegative Enteropathies: Expert Review / MM Leonard, B Leibold, A Rubio-Tapia, F Biagi// Gastroenterology. — 2021. — V. 160. — P. 437–444.
8. Husby S. European Society Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition Guidelines for Diagnosing Coeliac Disease 2020 / S Husby, S Koletzko, I Korponay-Szabó, K Kurppa, et al.// J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. — 2020. — V. 70. — P. 141–156.
9. Al-Toma A. European Society for the Study of Coeliac Disease (EESCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders / A Al-Toma, U Volta, R Auricchio, G Castillejo, et al.// United European Gastroenterol J. — 2019. — V. 7. — P. 583–613.
10. Bai JC. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines: Celiac Disease February 2017 / JC Bai, C Ciacci// J. Clin. Gastroenterol. — 2017. — V. 51. — P. 755–768.
11. Pais WP. How many duodenal biopsy specimens are required to make a diagnosis of celiac disease? / WP Pais, DR Duerksen, NM Pettigrew, CN Bernstein// Gastrointest. Endosc. — 2008. — V. 67. — P. 1082–1087.
12. Raiteri A. Current guidelines for the management of celiac disease: A systematic review with comparative analysis / A Raiteri, A Granito, A Giamperoli, T Catenaro, et al.// World J. Gastroenterol. — 2022. — V. 28(1). — P. 154–175. doi: 10.3748/wjg.v28.i1.154
13. Oberhuber G. The histopathology of coeliac disease: time for a standardized report scheme for pathologists / G Oberhuber, G Granditsch, H Vogelsang// Eur. J. Gastroenterol. Hepatol. — 1999. — V. 11. — P. 1185–1194.
14. Hammer ST. The clinical significance of duodenal lymphocytosis with normal villus architecture / ST Hammer, JK Greenon// Arch. Pathol. Lab. Med. — 2013. — V. 137. — P. 1216–1219.
15. Corazza GR. Comparison of the interobserver reproducibility with different histologic criteria used in celiac disease / GR Corazza, V Villanacci, C Zambelli, M Milione, et al.// Clin. Gastroenterol. Hepatol. — 2007. — V. 5. — P. 838–843.
16. Parfenov AI. All-Russian Consensus on Diagnosis and Treatment of Celiac Disease in Children and Adults / AI Parfenov, SV Bykova, EA Sabel'nikova, IV Maev, et al.// Ter. Arkh. — 2017. — V. 89. — P. 94–107.
17. Megiorni F. HLA-DQA1 and HLA-DQB1 in Celiac disease predisposition: practical implications of the HLA molecular typing / F Megiorni, A Pizzuti// J. Biomed. Sci. — 2012. — V. 19:88.

18. Poddighe D. Carrier frequency of HLA-DQB1*02 allele in patients affected with celiac disease: A systematic review assessing the potential rationale of a targeted allelic genotyping as a first-line screening / D Poddighe, C Rebuffi, A De Silvestri, C Capittini// *World J. Gastroenterol.* — 2020. — V. 26. — P. 1365–1381.
19. Schiepatti A. Short article: Mortality and differential diagnoses of villous atrophy without coeliac antibodies / A Schiepatti, F Biagi, G Fraternali, C Vattiato, et al.// *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* — 2017. — V. 29. — P. 572–576.
20. Delabie J. Enteropathy-associated T-cell lymphoma: clinical and histological findings from the international peripheral T-cell lymphoma project. J Delabie, H Holte, JM Vose, F Ullrich, et al.// *Blood.* — 2011. — V. 118. — P. 148–155.
21. van Wanrooij RL. Accurate classification of RCD requires flow cytometry / RL van Wanrooij, MW Schreurs, G Bouma, BM von Blomberg, et al.// *Gut.* — 2010. — V. 59:1732.
22. Al-Toma A. Survival in refractory coeliac disease and enteropathy-associated T-cell lymphoma: retrospective evaluation of single-centre experience / A Al-Toma, WH Verbeek, M Hadithi, BM von Blomberg, CJ Mulder// *Gut.* — 2007. — V. 56. — P. 1373–1378.
23. Malamut G. Presentation and long-term follow-up of refractory coeliac disease: comparison of type I with type II. G Malamut, P Afchain, V Verkarre, T Lecomte// *Gastroenterology.* — 2009. — V. 136. — P. 81–90.
24. Mukewar SS. Open-Capsule Budesonide for Refractory Celiac Disease / SS Mukewar, A Sharma, A Rubio-Tapia, TT Wu, et al. // *Am. J. Gastroenterol.* — 2017. — V. 112. — P. 959–967.
25. Pietzak MM. Follow-up of patients with celiac disease: achieving compliance with treatment / MM Pietzak // *Gastroenterology.* — 2005. — V. 128. — P. S135–S141.
26. van Wanrooij RL. Outcome of Referrals for Non-Responsive Celiac Disease in a Tertiary Center: Low Incidence of Refractory Celiac Disease in the Netherlands / RL van Wanrooij, G Bouma, HJ Bontkes, A Neeftjes-Borst, et al.// *Clin. Transl. Gastroenterol.* — 2017. — V. 8:e218.
27. Lee A. Celiac diet: its impact on quality of life / A Lee, JM Newman // *J. Am. Diet. Assoc.* — 2003. — V. 103. — P. 1533–1535.
28. Downey L. Recognition, assessment, and management of coeliac disease: summary of updated NICE guidance / L Downey, R Houten, S Murch, D Longson, Guideline Development Group// *BMJ.* — 2015. — V. 351:h4513.
29. Comino I. Role of oats in celiac disease / I Comino, L Moreno Mde, C Sousa // *World J. Gastroenterol.* — 2015. — V. 21. — P. 11825–11831.
30. Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten, CXS 118-1979, Adopted in 1979. [cited 22 February 2021]. Available from: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>.
31. Studerus D. Cross-Contamination with Gluten by Using Kitchen Utensils: Fact or Fiction? / D Studerus, El Hampe, D Fahrner, M Wilhelmi, SR Vavricka// *J. Food Prot.* — 2018. — V. 81. — P. 1679–1684.

© Агеев Кирилл Владимирович (dr.ageevkirill@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЕЗБОЛИВАЮЩАЯ ПОМОЩЬ АМБУЛАТОРНЫМ ОНКОЛОГИЧЕСКИМ БОЛЬНЫМ

ANALGESIC CARE FOR OUTPATIENT CANCER PATIENTS

**T. Aceh
D. Berdysh**

Summary. Often, pain accompanies the course of the disease and causes unbearable suffering to the patient. Opioid analgesics are a reliable method of analgesia for acute and chronic cancer pain, however, the patient cannot always receive it in full, or cannot receive it at all, which entails an aggravation of the course of the underlying disease due to a violation of the psychoemotional state of the patient. The article presents experimental data on opioid anesthesia, as well as the stages of the use of opiates with varying degrees of severity of pain syndrome.

Keywords: cancer, pain, pain relief, help, opiates, stages, drugs, methods.

Ачех Тамара Варзамесовна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Майкопский государственный
технологический университет
a4eh.tamara@yandex.ru
Бердыш Денис Сергеевич
Ассистент,
Майкопский государственный
технологический университет
drberdysh@bk.ru

Аннотация. Зачастую боль сопровождает течение болезни и вызывает невыносимые страдания больному. Опиоидные анальгетики являются надежным методом обезболивания острой и хронической раковой боли, однако пациент не всегда может получить его в полном объеме, либо не может получить совсем, что влечет за собой усугубление течения основного заболевания в связи с нарушением психоэмоционального состояния больного. В статье представлены экспериментальные данные опиоидного обезбоживания, а также этапы применения опиатов при разной степени выраженности болевого синдрома.

Ключевые слова: рак, боль, обезбоживание, помощь, опиаты, этапы, препараты, методы.

Несмотря на углубление понимания патогенетических механизмов боли и разработку новых, все более эффективных обезболивающих препаратов, распространенность болевых синдромов среди контингента онкологических больных в течение последних десятилетий не становится меньше [1]. Болевой синдром является одним из наиболее часто встречаемых и значимых комплексов симптомов злокачественного процесса: он отмечается у пациентов не только с метастатическим раком, но и при гораздо меньшей распространенности процесса [2, 3]. На ранних стадиях заболевания боль причиняет страдания 30–40 % больных, но при прогрессировании, распространении и генерализации процесса, от боли различной интенсивности страдают уже до 90 % пациентов [4, 5]. Особо частым развитием болевого синдрома сопровождаются злокачественные опухоли костей (около 85 %), ротоглотки (80 %), мочеполовой системы (70–75 %). Злокачественные новообразования головы и шеи зачастую поражают тройничный нерв (более 50 % случаев), вызывая интенсивные и нестерпимые тригеминальные невралгии, занимающие ведущие места по этим характеристикам среди болевых синдромов и нередко приводящие к суицидам [6]. Причиной болевого синдрома зачастую становятся осложнения от противоопухолевой терапии. Для обезбоживания онкологических больных создан большой фармакологический арсенал: анальгетики, нестероидные противовоспалительные препараты, опиоиды, антиконвульсанты,

антидепрессанты. Тем не менее, практически каждый четвертый больной умирает без оказания действенного обезбоживания. Проблема усугубляется наличием фармакорезистентных пациентов со злокачественными новообразованиями (ЗНО), возникновением осложнений от приема препаратов, привыкания, которое проявляется снижением их эффективности при длительном применении, а также ограничениями применения у пожилых больных [1,7].

В комплексе проблемы необходимо рассмотреть основные группы препаратов, рациональность и этапность их применения. На сегодняшний день современная фармпромышленность может предложить огромное разнообразие обезболивающих лекарственных препаратов.

Нестероидные противовоспалительные лекарственные средства

НПВС, представляют собой группу лекарственных препаратов, отличающихся по природе происхождения и химической структуре со сходным механизмом действия. В терапии раковой боли преимущество отдается производным уксусной кислоты (Кеторолак), доза введения которых не должна превышать 90 мг в сутки, но при этом путь введения лекарственного препарата не ограничен и может приниматься как перорально, так

и парентерально, главным минусом которого, в целом как и всей группы, является ограниченность временного применения и механизм действия. Препараты Кеторолака могут применяться не более двух дней в максимальной дозе 90 мг в сутки, так как высокий риск развития желудочно-кишечных осложнений, а именно, развития пептических лекарственных язв. Механизм действия данной группы основан на ингибировании биосинтеза простагландинов, что влечет за собой нарушение в каскаде воспалительного механизма. Но эффективность данного механизма хороша только в том случае, когда блокируемый каскад не возобновится вновь и альтернативные повреждения в тканях прекратятся, что крайне нехарактерно для раковой боли и имеет место быть только в том случае, когда есть 100 % шанс излечения от основного заболевания либо в комплексной терапии с другими группами обезболивающих препаратов. Также необходимо сказать о применении производного анилина (Парацетамола), анальгетика и антипиретика, при котором степень выраженности анальгезирующего эффекта в терапии раковой боли практически равна нулю, что влечет за собой повышение допустимой дозы более 4,0 граммов в сутки, в результате чего у больных помимо ракового заболевания развивается еще и центрлобулярный некроз печени. Исходя из вышесказанного, применение Парацетамола в терапии даже слабого ракового болевого синдрома практически не оправдана.

Наркотические обезболивающие анальгетики

Данная группа препаратов достаточно активно используется в терапии раковой боли умеренной и сильной интенсивности, но выраженность сродства к опиоидным рецепторам и степень анальгезии у каждого разная. В данной концепции по применению анальгезирующих препаратов, необходимо рассмотреть следующие опиоидные лекарственные средства: Тримеперидин, Трамадол, Кодеин, Морфин, Омнопон.

Тримеперидин (Промедол). Наркотический опиоидный анальгетик, разработанный в начале 1959-х годов прошлого века советскими учеными в ходе исследования родственного препарата петидина. Промедол является синтетическим производным 4-фенилпиперидина и по своей структуре может рассматриваться, как аналог фенил-N-метилпиперидиновой части молекулы морфина. Сам препарат Промедол представляет собой смесь восьми оптических изомеров. Относится к агонистам преимущественно мю-опиоидных рецепторов. Активирует эндогенную антиноцицептивную систему и блокирует межсинаптическую передачу боли. Эффект при парентеральном введении развивается через 10–20 минут и длится до 2–4 часов. По истечению анальгезирующего действия, болевой синдром возобновляется. Главным плюсом является быстрое и эффективное обезболивание, минусом — короткий промежуток действия, бы-

строе формирование толерантности к препарату при частом введении. Тримеперидин, целесообразен в экстренном обезболивании, но не имеет практического применения в рутинной терапии раковой боли.

Трамадол. Синтетический наркотический опиоидный анальгетик, относящийся к группе полных агонистов опиоидных рецепторов, представляет собой два изомера, лево- и правовращающихся. Главным активным метаболитом является моно-O-дезметилтрамадол. Обладает выраженной анальгезирующей активностью, дает быстрый и продолжительный эффект. Но по активности уступает морфину. Анальгезирующее действие при парентеральном введении развивается через 15–30 минут и сохраняется до 7–8 часов. Плюсами данного препарата является низкое сродство к опиоидным рецепторам. По отношению к Морфину в 6000 раз слабее, в связи с чем проявляет более слабое угнетение дыхания, формирование толерантности и привыкания. Данный препарат целесообразен в рутинном применении терапии раковой боли, при этом в большей степени анальгезирующая доза минимальна и составляет 200 мг в сутки.

Кодеин. 3-метилморфин, природный алкалоид опиума, в практике используется как противокашлевое средство с центральным механизмом действия. Обладает слабым наркотическим и анальгетическим действием в связи с чем может применяться как анальгетик, но в связи со слабовыраженной анальгетической активностью, применяется в комплексе с анальгетиками других групп. В практике обезболивания раковой боли не имеет особого значения, может применяться в комплексе для лечения слабой раковой боли, но на короткое время и в дальнейшем должен быть заменен на более эффективное наркотическое обезболивающее.

Морфин. Природный опиоидный анальгетик в виде Морфина гидрохлорида и сульфата, являющимся золотым стандартом лечения сильной раковой боли. При парентеральном введении 10 мг морфина эффект развивается через 10–30 минут, максимальная анальгезия достигается через 30–60 минут и сохраняется 3–4 часа, при пероральном введении максимальный эффект может сохраняться до 5 часов, пролонгированные формы действуют от 8 до 24 часов. Препараты морфина оказывают выраженное негативное влияние на дыхательный и сосудодвигательный центр, а также имеют высокий потенциал к психической и физической зависимости, в связи с чем применяется как терапия экстренной помощи купирования боли, при неэффективности других наркотических анальгетиков, либо их толерантности. Может применяться в качестве рутинной терапии сильной раковой боли терминальных больных, когда все другие наркотические анальгетики бессильны и не купируют болевой приступ, а также в качестве основной терапии прорывной раковой боли. Целесообразность приме-

ния морфина оправдывается только в качестве терапии отчаянья.

Оmnopон. Комплексный наркотический анальгетик, представляющий собой смесь алкалоидов опия: 45–50 % морфина и 32–35 % других алкалоидов, таких как тебаин, кодеин, наркотин, папаверина гидрохлорида. Раствор омпнопа выпускается в ампулах 1 мл–1 %, либо 1 мл–2 % раствора.

Показания применения Омнопона, такие же, как и у морфина, но в силу дополнительных компонентов, эффекты препарата расширяются, а именно наличие комбинации выраженного анальгезирующего и спазмолитического действия.

Данный препарат может применяться в качестве монотерапии при выраженных раковых болях гепатобилиар-

ной и дыхательной системы в силу своих особенностей действия, но в терапии первой линии нецелесообразен, за исключением ситуаций, связанных с прорывной болью.

Применение группы антидепрессантов, а частности ингибиторов MAO и КОМТ имеет место быть в качестве монотерапии лечения депрессивных состояний, развивающихся на фоне раковой болезни, но в комплексе с наркотическими анальгетиками применение противопоказано, так как это снижает судорожный порог, что может повлечь за собой развитие судорог.

В ходе исследования, 100 чел. онкологических больных получали инъекции опиатов для купирования болевого синдрома. Сто больных разных стадий онкологического процесса были разделены на три группы для оценки. Каждая группа получала соответствующие пре-

Таблица 1.

Применение опиоидных анальгетиков для купирования болевого синдрома при раке

Стадия онкологического процесса	Степень выраженности болевого синдрома От 0–10	Наркотический анальгетик	Доза зависимый эффект	Частота встречаемости (приема опиата) m_i	Относительная частота (приема опиата) $P_i = \frac{m_i}{n}$
II	6	Промедол Трамадол	Промедол: 20 мг каждые 4 часа с переходом на трамадол 200 мг в сутки (max 200 мг в сутки)	20	0,2
III	8	Трамадол	200 мг в сутки (max 200 мг в сутки)	56	0,56
IV	10	Трамадол, Морфина гидрохлорид	400 мг в сутки с переходом на морфина гидрохлорид в дозе 10 мг каждые 6 часов (max 30 мг в сутки) Примечание: трамадол и морфина гидрохлорид чередовался друг с другом для достижения обезболивания.	24	0,24
Σх				100	1

Таблица 2.

Сравнительная характеристика действия НПВС и Опиатов

Стадия онкологического процесса	Степень выраженности болевого синдрома От 0–10	Наркотический анальгетик	Доза зависимый эффект	НПВС	Доза зависимый эффект	Купирование боли Да/Нет
II	6	Промедол Трамадол	Промедол: 20 мг каждые 4 часа с переходом на трамадол 200 мг в сутки (max 200 мг в сутки)	Кеторол	Максимально до 90 мг в сутки	По отношению к опиатам: ДА, к НПВС: НЕТ
III	8	Трамадол	200 мг в сутки (max 200 мг в сутки)	Кеторол		По отношению к опиатам: ДА, к НПВС: НЕТ
IV	10	Трамадол, Морфина гидрохлорид	400 мг в сутки с переходом на морфина гидрохлорид в дозе 10 мг каждые 6 часов (max 30 мг в сутки) Примечание: трамадол и морфина гидрохлорид чередовался друг с другом для достижения обезболивания.	Кеторол		По отношению к опиатам: ДА, к НПВС: НЕТ

параты на протяжении одного месяца, для оценки эффективности антиноцицептивной системы, достигались минимальные анальгезирующие дозы. Максимальный положительный результат показал Трамадол, в ходе исследования в минимальной обезболивающей дозе 200 мг в сутки для II и III стадии онкологического процесса и в дозе 400 мг в сутки для IV стадии более чем в 80 % случаев. Для IV стадии использование трамадола в качестве монотерапии неэффективно, так как обезболивание не полное, либо болевой эффект возвращается быстрее заявленного времени анальгезии. Эффективность промедола оказалась минимальной, так как эффект анальгезии либо проявлялся слабо, либо проходил в течении 2-х часов, вследствие чего, больные данной группы переводились на трамадол. При сравнении Кеторола к опиатам, эффективность обезболивания последнего равна нулю процентов.

Пользуясь полученными данными, можно сделать вывод, что для купирования хронической раковой боли, целесообразно применять наркотические опиоидные анальгетики как в монотерапии, так и в комбинации с другими опиатами в ступенчатой терапии лечения боли. Необходимо понимать, что раковая боль в связи со своей патофизиологической особенностью не может купироваться обычными обезболивающими средствами в виде НПВС, так как необходимо либо прервать цепь болевых импульсов в ЦНС, либо полностью их заблокировать, при этом анальгетик должен быть высокоэффективным и иметь минимальный побочный эффект, что и было доказано в ходе исследования. Опиаты показали максимальный результат с минимальными последствиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Van den Beuken-van Everdingen M. H. J., van Kuijk S. M. J., Janssen D. J. A., Joosten E. A. J. Treatment of Pain in Cancer: Towards Personalised Medicine. *Cancers* (Basel). 2018 Dec 10;10 (12). <http://doi.org/10.3390/cancers10120502>
2. Sochor M., Sláma O. Management of chronic and acute pain in patients with cancer diseases. *Klin Onkol.* 2015;28 (2):94–98. <http://doi.org/10.14735/amko201594>
3. Dénonmé F., Kroemer M., Montcuquet P., Nallet G., Thiery-Vuillemin A., Bazan F., et al. Prevalence and management of pain in patients with metastatic cancer in Franche-Comté. *Bull Cancer.* 2016 Oct;103 (10):849–860. <http://doi.org/10.1016/j.bulcan.2016.08.007>
4. Палехов А. В., Данильян В. М., Введенская Е. С. Способы повышения эффективности противоболевой терапии в паллиативной онкологии. *Паллиативная медицина и реабилитация.* 2016;2:50–56.
5. Фармакотерапия хронического болевого синдрома у взрослых пациентов при оказании паллиативной помощи в стационарных и амбулаторно-поликлинических условиях. Методические рекомендации. ФГБУ «ФНИМЦ им. П. А. Герцена» Минздрава России. М., 2015.
6. Кудряшова Л. Н., Хабибуллина З. А. Лечение хронического болевого синдрома при поражениях тройничного нерва опухолями головы и шеи. *Паллиативная медицина и реабилитация.* 2015; (2):49–54
7. Пчелинцев М. В. Лечение хронической боли у онкологических больных. *Паллиативная медицина и реабилитация.* 2018; (1):37–49.

© Ачех Тамара Варзамесовна (a4eh.tamara@yandex.ru); Бердыш Денис Сергеевич (drberdysh@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА БИОЛОГИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ И АУТОПЕРИКАРДОМ ПО МЕТОДИКЕ ОЗАКИ У ПАЦИЕНТОВ С ВЫРАЖЕННЫМ АОРТАЛЬНЫМ СТЕНОЗОМ С НИЗКИМ ПОТОКОМ И НИЗКИМ ТРАНСАОРТАЛЬНЫМ ГРАДИЕНТОМ ДАВЛЕНИЯ СО СНИЖЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА

LONG-TERM RESULTS OF AORTIC VALVE REPLACEMENT WITH A BIOLOGICAL PROSTHESIS AND AUTOPERICARDIUM ACCORDING TO THE OZAKI TECHNIQUE IN PATIENTS WITH SEVERE AORTIC STENOSIS WITH LOW FLOW AND LOW TRANSAORTIC PRESSURE GRADIENTS WITH REDUCED EJECTION FRACTIONS

V. Bazylev
R. Babukov
V. Karnakhin
F. Bartosh
A. Levina

Summary: Objective: Evaluate long-term results in patients with low-flow aortic stenosis and low transaortic pressure gradients with decreased LV ejection fraction (ACLFLG) after autopericardial aortic valve (AV) replacement using the Ozaki technique and AV replacement with a biological prosthesis. *Materials and methods.* From the database, we identified all patients eligible for severe symptomatic LFLG aortic stenosis with reduced LV ejection fraction who underwent either autopericardial AV replacement (October 2015 to December 2020) or bioprosthesis AV replacement (October 2015). to December 2020). The study included all patients meeting the echocardiographic criteria for AS LFLG: mean transaortic gradient < 40 mmHg. and maximum aortic flow velocity < 4 m/s, ejection fraction less than 50%, stroke volume index less than 35 ml/m². The studied patients were divided into two groups: group 1, 64 patients with a biological prosthesis (mean age 65±5 years), group 2, 60 patients after autopericardial valve reconstruction using the Ozaki technique (mean age 64±7 years). All patients underwent a comprehensive transthoracic and transesophageal echocardiographic study in accordance with established modern guidelines. Results. At the hospital stage, 29 (46 %) cases of moderate patient-prosthetic discrepancy (PPN) were identified in the group after prosthetics with a biological prosthesis; in the group after prosthetics with an autopericardium, no cases of PPI were detected. In the follow-up period, there was no significant difference in the number of fatal events from all causes, groups of biological valve replacement and autopericardium replacement (37% vs. 27 % P=0.3), (HR 92 CI 0.7–1.3).

Keywords: aortic valve, autopericardium, Ozaki procedure.

Базылев Владлен Владленович

д-р мед наук, проф., врач сердечно-сосудистый хирург,
гл. врач ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой
хирургии» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (г. Пенза)

Бабуков Руслан Медарисович

врач-кардиолог, врач ультразвуковой диагностики
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой
хирургии» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (г. Пенза)

Карнахин Вадим Александрович

канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург,
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой
хирургии» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (г. Пенза)

vkhin@mail.ru

Бартош Фёдор Леонидович

канд. мед. наук, зав. отд-нием
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой
хирургии» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (г. Пенза)

Лёвина Алёна Витальевна

врач ультразвуковой диагностики
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой
хирургии» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (г. Пенза)

Аннотация. Цель исследования: оценить отдаленные результаты у пациентов аортальным стенозом с низким потоком и низким трансортальным градиентом давления, сниженной фракцией выброса ЛЖ после протезирования аортального клапана аутоперикардом по методике Ozaki и протезирования АК биологическим протезом. *Материалы и методы.* Исследуемые пациенты были разделены на две группы: 1 группа, 64 пациента с биологическим протезом (средний возраст 65±5 лет), 2 группа, 60 пациентов после реконструкции клапана аутоперикардом по методике Озаки (средний возраст 64±7 лет). Все пациенты прошли комплексное трансторакальное и чрезипищеводное эхокардиографическое исследование в соответствии с установленными современными рекомендациями. *Результаты.* На госпитальном этапе выявлены 29 (46 %) случаев умеренного пациент-протезного несоответствия (ППН) в группе после протезирования биологическим протезом, в группе после протезирования аутоперикардом случаев ППН не выявлено. В отдаленном периоде наблюдения не было достоверной разницы в количестве летальных событий от всех причин, группах протезирования биологическим клапаном и протезирования аутоперикардом (37 % против 27 % P=0,3), (HR 92 ДИ 0,7–1,3).

Ключевые слова: аортальный клапан, аутоперикард, процедура Ozaki.

Введение

Согласно современным представлениям тяжелый АС определяется при значениях площади отверстия (AVA) $< 1,0 \text{ см}^2$, средний трансклапанный градиент $> 40 \text{ мм рт.ст.}$ и максимальной скоростью потока $> 4,0 \text{ м/с}$. Среди общей группы пациентов с тяжелым и симптоматическим АС пациенты со сниженным ударным объемом ЛЖ и сниженными трансортальными градиентами на фоне сниженной фракции выброса ЛЖ (LFLG) имеют наиболее высокий риск летальных событий и нежелательных явлений. Эта группа пациентов, у которых на фоне длительно существующего тяжёлого аортального стеноза происходит снижение контрактильной функции ЛЖ, в результате чего ЛЖ не способен создавать достаточную силу для полного открытия аортального клапана. В результате чего классический LFLG характеризуется низкой ФВ, низкими показателя трансортальных градиентов и низким индексом ударного объема ЛЖ. Хирургическое вмешательство у пациентов с АС LFLG связано с высокой операционной летальностью (8–33 %) и более низкой долгосрочной выживаемостью после хирургической коррекции аортального клапана (АК) [1]. Примечательно что, стратегия хирургического лечения у пациентов с АС LFLG недостаточно изучены, а совокупность доказательств в преимуществе какого-либо из методов хирургической коррекции не отражено в современных рекомендациях. [2].

Учитывая крайне скудную доказательную базу в этом вопросе, мы решили оценить отдаленные результаты у 2-х групп пациентов с аортальным стенозом АС LFLG со сниженной фракцией выброса после операции Ozaki и протезирования АК биологическим протезом.

Цель исследования: оценить отдаленные результаты у пациентов аортальным стенозом с низким потоком и низким трансортальным градиентом давления сниженной фракцией выброса ЛЖ (ACLFLG) после протезирования аортального клапана (АК) аутоперикардом по методике Ozaki и протезирования АК биологическим протезом.

Материалы и методы

Из базы данных, мы определили всех пациентов подходящих под критерии тяжелого симптоматического АС LFLG со сниженной фракцией выброса левого желудочка (ЛЖ), которым было выполнено либо протезирование АК аутоперикардом (с октября 2015 г. по декабрь 2020 г.), либо протезирования АК биопротезом (с октября 2015 г. по декабрь 2020 г.). В исследование включили всех пациентов подходящих под эхокардиографические критерии АС LFLG: средний трансортальный градиент $< 40 \text{ мм рт.ст.}$ и максимальная скорость аортального кровотока $< 4 \text{ м/с}$, фракция выброса менее 50 %, индекс ударного

объема менее 35 мл/м^2 . Исследование одобрено местным этическим комитетом.

Исследуемые пациенты были разделены на две группы:

- 1 группа, 64 пациента с биологическим протезом (возраст 65 ± 5 лет).
- 2 группа, 60 пациентов после реконструкции клапана аутоперикардом по методике Ozaki (средний возраст 64 ± 7 лет).

Эхокардиография. Эхокардиография выполнялась с использованием ультразвуковых аппаратов (VIVID 9, GE VIVID 7 PRO, Норвегия). Все пациенты прошли комплексное трансоракальное и чрезпищеводное эхокардиографическое исследование в соответствии с установленными современными рекомендациями. Измерения диаметра ВТЛЖ были произведены в парастернальной проекции по длинной оси в середине систолы методом от внутреннего края к внутреннему краю на расстоянии не более чем 5 мм от АК. ППН оценивали по следующим критериям: тяжелое — индекс площади эффективного отверстия менее $0,65 \text{ см}^2/\text{м}^2$, умеренное от $0,65$ до $0,85 \text{ см}^2/\text{м}^2$, малый более $0,85 \text{ см}^2/\text{м}^2$. У пациентов со значением индекса массы тела более 30 использовали следующие критерии ППН: тяжелое ППН — индекс площади эффективного отверстия менее $0,60 \text{ см}^2/\text{м}^2$, умеренное — от $0,60$ до $0,70 \text{ см}^2/\text{м}^2$, малое — более $0,70 \text{ см}^2/\text{м}^2$ [10].

Статистические методы. Обработка данных производилась в программе SPSS Statistics 23. Все данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения. Статистическая значимость отличий по количественным признакам определялась при помощи критерия Стьюдента, по качественным признакам — при помощи критерия χ^2 . Критический уровень значимости — 0,05. Для определения предикторов ранней смертности использовалась множественная логистическая регрессия, для определения предикторов поздних исходов использовалась регрессия Кокса. Выполнен анализ выживаемости по кривой Каплан-Майер. Первичными конечными точками в исследовании являлись летальные события от любых причин, инсульты и госпитализация по поводу хронической сердечной недостаточности.

Результаты

Сроки наблюдения в обеих группах до 60 месяцев, средний период наблюдения 40 ± 19 месяцев. Госпитальная летальность после оперативного лечения была выше у пациентов в группе протезирования аутоперикардом по сравнению с группой после протезирования биологическим протезом, 6 (10 %) и 3 (5 %) случая соответственно $P = 0,04$. Среди причин летальных исходов в группе после процедуры Ozaki: инфаркта миокар-

да (1), на фоне абдоминальных осложнений (2), на фоне полиорганной и дыхательной недостаточности (3). В группе протезирования биологическим протезом: на фоне абдоминальных осложнений (1), на фоне полиорганной дыхательной недостаточности (2). На госпитальном этапе выявлены 29 (46 %) случаев умеренного ППН в группе после протезирования биологическим протезом, в группе после процедуры Озаки ППН не наблюдалось. В отдаленном периоде в обеих группах отмечалось значительные улучшения трансортальных показателей, регресс гипертрофии ЛЖ, улучшение контрактильной функции ЛЖ и функционального класса по NYHA по сравнению с предоперационными характеристиками. Однако в отдаленном периоде наблюдения толерантность к физической нагрузке, регресс гипертрофии ЛЖ, показатели глобальной продольной деформации ЛЖ, объема левого предсердия, а также трансортальные характеристики были достоверно лучше в группе после реконструкции створок аутоперикардом (Таблица № 1). В отдаленном периоде наблюдения в группе после процедуры Озаки зарегистрировано 15 (27 %) летальных события из них 8 случаев связаны с сердечно сосудистыми событиями, 4 случая несердечные причины и 3 случая связаны с новой коронавирусной инфекцией. В группе после протезирования биологическим протезом в отдаленном периоде зарегистрированы 21(37 %) летальный случай из них 13 связаны с сердечно сосудистыми событиями, 6 случаев от несердечных причин и 2 случая связаны с новой коронавирусной инфекцией. В отдаленном периоде наблюдения не было достоверной разницы в количестве летальных событий от всех причин, группах протезирования биологическим клапаном и протезирования аутоперикардом, (37 % против 27 % P=0,3), (HR 92 ДИ 0,7–1,3) (График № 1). У пациентов в группе после протезирования биологическим протезом отмечалась более высокая частота госпитализации по поводу сердечной недостаточности, кумулятивная частота госпитализаций в группах протезирования биологическим клапаном и протезированная аутоперикардом (40 % против 17 % P = 0,01), (HR 65 ДИ 0,54–0,9) соответственно. По данным регрессии Кокса, ППН был независимым предиктором риска госпитализации по поводу обострением ХСН (HR 1,3, 95 % ДИ 0,8–1,8; p = 0,03). В отдаленном периоде наблюдения неврологических осложнений (инсультов) было значительно больше в группе после протезирования биопротезом, в сравнении с группой протезирования аутоперикардом (15,6 % против 3,2 % P = 0,04), (HR 0.7 ДИ 0,54–0,9). По результатам множественной логистической регрессии, статистически значимым независимым предиктором госпитальной летальности у пациентов с LFLG является время ишемии миокарда OR 1,6 (95 % CI 0,93; 2,2), P = 0,02. По результатам регрессии Кокса предикторами летальности в отдаленном периоде наблюдения у пациентов с LFLG являются показатель глобальной продольной деформации

OR 1,8 (95 % CI 0,98; 2, 5), P = 0,04. В отдаленном периоде наблюдения свобода от реоперации в обеих группах составила 100 %.

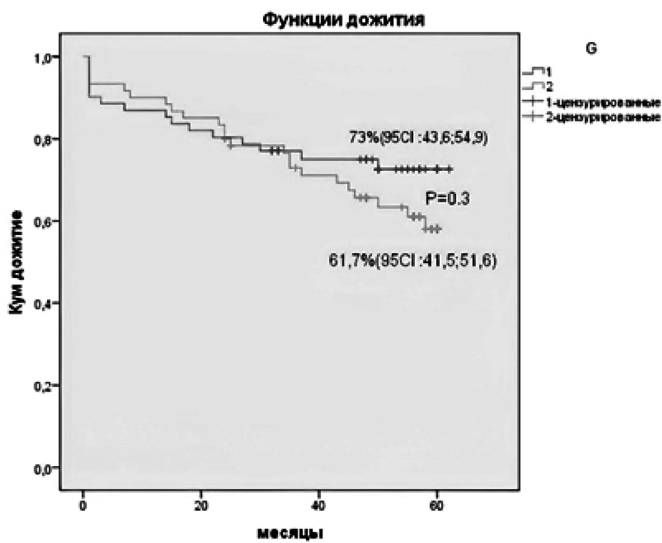
Таблица 1.

Сравнение функциональных и эхокардиографических показателей после протезирования биопротезом и после процедуры Озаки в максимальный период наблюдения

Показатели	Биопротез (n=56)	Аутоперикард (n=55)	p
ФКО (NYHA)	2 (3 %)	5 (9 %)	0,03
ФК1 (NYHA)	16 (28 %)	25 (45 %)	<0,001
ФК2 (NYHA)	30 (53 %)	21 (38 %)	0,01
ФК3 (NYHA)	8 (14 %)	4 (7 %)	0,01
ФК4 (NYHA)	0	0	
6-минутный тест, м	350±88	400±80	0,01
КДОлж, мл	144±31	142±30	0,8
ФВлж, %	51±12	54±12	0,3
иУОлж, мл/м ²	33±4	34±5	0,1
ГПД лж, %	13±4	14,8±2	0,03
Индекс объема ЛП мл/м ²	46±4	42±2	0,01
Индекс массы ЛЖ, гр/м ²	154±29	133±20	<0,001
Умеренное ППН	29(46 %)	0	
Выраженное ППН	0	0	
Gmax, mmHG	26±15	10,5±4,3	<0,001
Gmean, mmHG	13,1±8	4,9±1,1	<0,001
AVA, см ²	1,8±0,2	3,0±1,4	<0,001
iAVA, см ² /м ²	0,95±0,3	1,57±0,7	<0,001
безразмерный индекс	0,38±0,1	0,62±0,1	<0,001
АТ/ЕТ	0,28±0,05	0,23±0,03	0,03
СДЛА, мм.рт.ст	38±4	34±6	0,01

ППТ — площадь поверхности тела, ИМТ — индекс массы тела ЛЖ, КДО — конечный диастолический объем ЛЖ, ФВлж — фракция выброса ЛЖ, иУО лж — эффективный индекс ударного объема ЛЖ, ППН — протез-пациентное несоответствие ГПД лж — глобальная продольная деформация ЛЖ, Gmax — максимальный трансортальный градиент, Gmean — средний трансортальный градиент давления, AVA — площадь эффективного отверстия аортального клапана, iAVA — индекс площади эффективного отверстия аортального клапана. АТ/ЕТ — соотношение времени ускорения (времени раскрытия створок) к общему времени выброса ЛЖ. СДЛА — систолическое давление в легочной артерии. PPM — протез пациентное несоответствие.

График №1. Кривая выживаемости Каплана-Мейера



Обсуждение

В соответствии с последними рекомендациями ACC/ANA по ведению пациентов с клапанными пороками сердца, протезирование АК настоятельно показана и даже повышена до рекомендации класса 1 у пациентов с симптомами со сниженной или сохраненной фракцией выброса левого желудочка [2].

По имеющимся на сегодняшний день данным пациентам с AC LFLG сниженной фракцией выброса имеют наиболее неблагоприятные результаты после хирургических вмешательств по сравнению с пациентами NFHG, но все же могут получить пользу от замены клапана по сравнению с медикаментозной терапией [3]. Не благоприятный прогноз у этой группы пациентов обусловлен: более высокой чувствительностью к глобальной постнагрузке ЛЖ, наличием субэндокардиального фиброза и явлениями диастолической дисфункции ЛЖ [4]. Учитывая данный факт предполагается, что пациенты с AC LFLG со сниженной фракцией выброса являются более чувствительными к остаточным градиентам и при имплантации протеза с гемодинамикой близкой к нативному клапану, можно ожидать более благоприятные результаты в отдаленном периоде наблюдения. Ранее мы сообщали, что метод реконструкции створок АК аутоперикардом по методике Озаки обладает лучшей гемодинамикой по сравнению с биологическими протезами и ограничивает пациентов от осложнений, связанных с пациент-протезным несоответствием [5]. В исследовании Ozaki с соавторами были продемонстрированы впечатляющие отдаленные результаты после протезирования АК аутоперикардом (максимальный период наблюдения до 118 месяцев). В ближайшем послеоперационном и отдаленном периоде наблюдения максимальный трансортальный градиент составил $19,5 \pm 10,3$ мм. рт. ст. и $15,2 \pm 6,3$ мм рт. ст. соответственно. Свобода от структурной дегенерации

створок составила 100 % Свобода от летального исхода и реоперации составляли 85,9 % и 95,8 % соответственно [13]. В связи с чем было предположено, что процедура Озаки может более благоприятно отразиться на отдаленных результатах у пациентов с AC LFLG по сравнению процедурой протезирования биологическим протезом. В нашем исследовании трансортальные показатели после процедуры Озаки значительно превосходили гемодинамические характеристики после протезирования биологическим протезом. Вероятно, по этой причине в отдаленном периоде толерантность к физической нагрузке, регресс гипертрофии ЛЖ, контрактильная функция и объем левого предсердия были достоверно лучше в группе после процедуры Озаки.

Одним из значимых показателей успешности хирургического лечения является отдаленная выживаемость пациентов. В нашем исследовании пятилетняя выживаемость в группе после процедуры Озаки составила 73 %, что несколько больше по сравнению контрольной группой 61 % и значениями выживаемости, представленными в более ранних исследованиях, в аналогичных группах пациентов от 63 % до 70 % [12]. Хотя в пятилетнем периоде наблюдения не было выявлено статистической разницы в количестве летальных событий, однако с учетом динамики расхождения кривых Каплана-Мейера, можно предположить, что анализ в более отдаленном периоде может иметь статистически значимые результаты. Предиктором отдаленной летальности по данным анализа регрессии Кокса был показатель глобальной продольной деформации ЛЖ в после операционном периоде OR 1,8 (95 % CI 0,98; 2, 5), P = 0,04. Влияние на летальность показателя глобальной продольной деформации ЛЖ у пациентов LFLG сниженной фракцией выброса во много объясняется тем, что этот показатель в отличие от ФВ ЛЖ, может является высоко чувствительным маркером изменениям систолической функции ЛЖ и предикторов наличия необратимых субэндокардиальных фиброзных изменений провоцирующих внезапную сердечную смерть [6–7].

Количество госпитализаций связанных с обострением ХСН было статистически больше в группе после протезирования биопротезом по сравнению с процедурой реконструкции створок аутоперикардом. Тенденция к более частой госпитализации по поводу обострения ХСН в группе пациентов с биологическим протезом, по нашему мнению, связан с более высокими остаточными градиентами и явлениями пациент протезного несоответствия, (46 % в группе после протезирования биологическим клапаном), которые посредством увеличенной постнагрузки могли повлиять на обострение ХСН. Это подтверждает регрессионный анализ Кокса выявил, где выявлено ППН является независимым предиктором влияющим госпитализации по поводу обострения ХСН, HR 1,3 ,95 % ДИ 0,8–1,8; p = 0,03. Ранее ряд исследований

продемонстрировали, что умеренные остаточные градиенты и ППН являются значимыми факторами влияющими на частоту госпитализаций по поводу обострения ХСН [8–10]. Так же в отдаленном периоде наблюдалась тенденция к статистически значимому увеличению количества неврологических осложнений (инсультов) в группе с после протезирования биопротезом по сравнению с процедурой реконструкции створок аутоперикардом. Учитывая тот факт, что не было статистической разницы в количестве пациентов пароксизмальной формой ФП и поражением периферических артерий в обеих группах, мы предположили, что это может быть связано с начальными проявлениями структурной дегенерации биологических клапанов. В нескольких исследованиях сообщалось, что остаточные высокие градиенты и ППН на биологических протезах имеют риск ранее дегенерации клапана быть источником тромбоэмболических осложнений в отдаленном периоде наблюдения [11].

Нужно отметить, что пациенты с AC LFLG всегда имеют высокий операционный риск, об этом свидетельствуют приводимые рядом авторов высокие уровни госпитальной летальности от 8 до 33 % [1]. В нашем исследовании была отмечена более высокая госпитальная летальность в группе при реконструкции створок аутоперикардом по методике Озаки по сравнению с протезированием створок биологическим протезом, 6 (10 %) и 3 (5 %) случая соответственно $P = 0,04$. В нашем исследовании независимый фактор госпитальной летальности было время ишемии это вполне объяснимо так как, декомпенсированные пациенты с AC более чувствительны к пролонгированной ишемии миокарда, что может значительно увеличить риски госпитальной летальности. Хирургическая коррекция методом Озаки требует несколько боль-

шего времени пережатия аорты по сравнению с протезированием клапана, что может значительно увеличить риски госпитальной летальности и это необходимо учитывать при выборе хирургической тактики лечения. Не так давно выдвигалось предположение, о возможном преимуществе транскатетерной замены АК по сравнению с хирургическим. Однако недавний мета-анализ Ueyamas соавторами не показал существенной разницы в госпитальной и отдаленной летальности между двумя методами, во многом связывая это остаточными парапротезными фистулами [14].

По результатам нашего исследования можно сделать выводы, что процедура Озаки может быть хорошей альтернативой хирургического лечения у пациентов с AC LFLG. Однако учитывая ретроспективный характер исследования, малую выборку и ограниченный период наблюдения результаты представленного исследования нельзя экстраполировать на всю популяцию пациентов группы AC LFLG сниженной фракцией выброса.

Выводы

1. У пациентов с выраженным AC LFLG со сниженной ФВ пятилетняя выживаемость аналогична как после протезирования створок аутоперикардом так и после протезирования биологическим протезом.

2. Пациенты AC LFLG после протезирования биологическим протезом по сравнению с пациентами после процедуры Ozaki в отдаленном периоде имеют более высокий риск тромбоэмболических событий и более частую госпитализацию по поводу обострения ХСН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clavel MA. Impact of classic and paradoxical low flow on survival after aortic valve replacement for severe aortic stenosis / Clavel MA, Berthelot-Richer M, Le Ven F, Capoulade R, Dahou A, Dumesnil JG et al. // J Am Coll Cardiol 2015; 65:645-53.
2. Catherine M. Otto. ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology / American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines / Catherine M. Otto, Co-Chair Rick A. Nishimura, Co-Chair Robert O. Bonow et al. // Originally published 17 Dec 2020 Circulation. 2021;143:e72–e227
3. Lancellotti P. Clinical outcome in asymptomatic severe aortic stenosis / Lancellotti P, Magne J, Donal E et al. // J Am Coll Cardiol. 2012; 59:235–243.
4. Pibarot P. Low-flow, low-gradient aortic stenosis with normal and depressed left ventricular ejection fraction / Pibarot P, Dumesnil JG. // J Am Coll Cardiol. 2012; 60:1845–1853.
5. В.В. Базылев., Е.В. Россейкин., Р.М. Бабуков., А.И. Микуляк., Ф.Л. Бартош., Я.С. Сластин. Сравнение ближайших и средне-срочных результатов у пациентов с узким корнем аорты после протезирования аортального клапана биологическим протезом с аннуларасширяющей пластикой корня аорты и протезированием створок аутоперикардом по методике OZAKI. Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени Академика Б.В. Петровского. том 7, номер 1 (23), год 2019 г. Страницы: 34–43.
6. D'Andrea A. Predictive Value of Left Ventricular Myocardial Deformation for Left Ventricular Remodeling in Patients With Classical Low-Flow, Low-Gradient Aortic Stenosis Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement / D'Andrea A, Carbone A, Agricola E, et al. // J Am Soc Echocardiogr. 2019 Jun; 32(6): 730-736. doi: 10.1016/j.echo.2019.03.002.
7. Dahou A. Usefulness of global left ventricular longitudinal strain for risk stratification in low ejection fraction, low-gradient aortic stenosis: results from the multicenter True or Pseudo-Severe Aortic Stenosis study Dahou A, Bartko PE, Capoulade R, et al. // Circ Cardiovasc Imaging. 2015 Mar;8(3): e002117. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.114.002117.

8. Blais C. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on short-term mortality after aortic valve replacement / Blais C, Dumesnil JG, Baillet R, et al. // *Circulation*, 108 (2003), pp. 983–8 <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000085167.67105.32> | Medline
9. Pibarot P. Prosthesis-patient mismatch: definition, clinical impact, and prevention / Pibarot P, Dumesnil JG. // *Heart*, 92 (2006), pp. 1022–9. <http://dx.doi.org/10.1136/hrt.2005.067363> | Medline
10. Florath I. Impact of valve prosthesis-patient mismatch estimated by echocardiographic-determined effective orifice area on long-term outcome after aortic valve replacement / Florath I, Albert A, Rosendahl U, et al. // *Am Heart J*, 155 (2008), pp. 1135–42 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2007.12.037> | Medl
11. Mahjoub H. Determinants of aortic bioprosthetic valve calcification assessed by multidetector CT / Mahjoub H, Mathieu P, Larose É, et al. // *Heart*. 2015;101(6):472–7. doi:10.1136/heartjnl-2014-306445. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-306445>
12. Евсеев Е.П., Иванов В.А., Айдамиров Я.А., Гусейнов З.С., Белов Ю.В. Отдаленные результаты протезирования при стенозе аортального клапана у пациентов со сниженной сократительной способностью левого желудочка. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2018;11(4):59–63.
13. Ozaki S, Kawase I, Yamashita H, Uchida S, Takatoh M, Kiyohara N, Mid-term Outcomes After Aortic Valve Neo-Cuspidization With Glutaraldehyde-Treated Autologous Pericardium. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* (2018).
14. Ueyama H, Kuno T, Harrington M, Takagi H, Krishnamoorthy P, Sharma SK, Kini A, Lerakis S. Impact of Surgical and Transcatheter Aortic Valve Replacement in Low-Gradient Aortic Stenosis: A Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021 Jul 12;14(13):1481–1492. doi: 10.1016/j.jcin.2021.04.038. Epub 2021 May 3. PMID: 33939605.

© Базылев Владлен Владленович; Бабуков Руслан Медарисович; Карнахин Вадим Александрович (vkhin@mail.ru);
Бартош Фёдор Леонидович; Лёвина Алёна Витальевна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНАЯ 5-ТИ ЛЕТНЯЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ МОРБИДНОГО ОЖИРЕНИЯ И СОПУТСТВУЮЩЕЙ ПАТОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МОДИФИКАЦИЙ БИЛИОПАНКРЕАТИЧЕСКОГО ШУНТИРОВАНИЯ

COMPARATIVE 5-YEAR EVALUATION OF THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF MORBID OBESITY AND COMORBIDITIES USING MODERN MODIFICATIONS OF BILIO-PANCREATIC DIVERSION

**N. Bordan
Yu. Yashkov**

Summary: Aim: to evaluate the long-term comparative effectiveness of SADI and BPD-DS (biliopancreatic diversion with duodenal switch) biliopancreatic diversion modifications.

Materials and Methods: 200 patients with morbid obesity operated on according to the BPD-DS (n=100) and SADI (n=100) methods were included. An assessment was made of early and late postoperative complications, as well as a standard set of clinical, laboratory and instrumental examination methods.

Results: % EWL 5 years after surgery was 78.4 and 77.7 in SADI and BPD-DS patients, respectively. 5 years after surgery, 84.4 % and 91.4 % of patients with type 2 diabetes mellitus, 74.0 % and 95.5 % of patients with dyslipidemia, 94.7 % and 96.7 % of patients with obstructive sleep apnea achieved remission in SADI and BPD-DS groups, respectively. Early postoperative complications were less in SADI patients than in BPD-DS group (2 % and 9 %; $p < 0.05$), as well as late ones (16 % and 31 %; $p < 0.05$).

Conclusions: SADI is safe, and its short and long-term outcomes, including weight loss and remission of comorbidities, are similar to BPD/DS.

Keywords: morbid obesity, type 2 diabetes mellitus (DM2), biliopancreatic diversion, biliopancreatic diversion with duodenal switch (BPD-DS), single-anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy (SADI-S).

Бордан Наталья Семеновна

к.м.н., н.с. АО «Институт пластической хирургии
и косметологии»

socetanie@mail.ru

Яшков Юрий Иванович

д.м.н., профессор

АО «Центр эндохирургии и литотрипсии», Москва

yu@yashkov.ru

Аннотация. Цель: оценка долгосрочной сравнительной эффективности билиопанкреатического шунтирования (БПШ) в модификациях SADI и BPD-DS (БПШ с продольной резекцией желудка и исключением двенадцатиперстной кишки).

Материалы и методы: включено 200 пациентов с морбидным ожирением, прооперированных по методике BPD-DS (n=100) и SADI (n=100). Проводилась оценка ранних и поздних послеоперационных осложнений, а также стандартный комплекс клинических, лабораторных и инструментальных методов обследования.

Результаты: % EWL через 5 лет после операции составил 78,4 и 77,7 у пациентов группы SADI и BPD-DS соответственно. Через 5 лет после операции ремиссии достигли 84,4 % и 91,4 % пациентов с сахарным диабетом 2 типа, 74,0 % и 95,5 % пациентов с дислипидемией, 94,7 % и 96,7 % с обструктивным апноэ во вне из групп SADI и BPD-DS соответственно. Ранние послеоперационные осложнения у пациентов группы SADI встречались реже, чем в группе BPD-DS (2 % и 9 %; $p < 0,05$), также как и поздние (16 % и 31 %; $p < 0,05$).

Выводы: SADI безопасна, а ее краткосрочные и долгосрочные результаты, включая потерю веса и ремиссию сопутствующих заболеваний, аналогичны BPD/DS.

Ключевые слова: морбидное ожирение, сахарный диабет 2 типа, билиопанкреатическое шунтирование, билиопанкреатическое шунтирование с продольной резекцией желудка и исключением двенадцатиперстной кишки, двенадцатиперстно-подвздошное шунтирование с одним анастомозом и рукавной гастрэктомией.

Введение

Эпидемия ожирения и экспоненциальный рост морбидного ожирения и сопутствующих ему заболеваний являются серьезным бременем не только для пациентов, но и для общества [1]. На сегодняшний день бариатрическая хирургия остается наиболее эффективным методом лечения ожирения и связанных с ним состояний, таких как сахарный диабет 2 типа (СД2), нарушений липидного обмена и др. [2].

Имеющиеся в настоящий момент бариатрические/метаболические процедуры можно разделить на две основные категории: рестриктивные и комбинированные или шунтирующие (сочетание рестриктивного и малабсорбтивного компонентов).

В настоящее время рукавная гастрэктомия (SG), как самостоятельная рестриктивная операция, из-за простоты выполнения является наиболее распространенной бариатрической процедурой [3]. Тем не менее, пример-

но из-за 50 % частоты повторных операций в долгосрочном периоде, в основном по причине рецидивов ожирения и развития стойкого рефлюкс-эзофагита, хирурги переключают свое внимание на другие виды оперативных вмешательств [2, 4].

Такие комбинированные операции, как желудочное шунтирование по Ру (RYGB) или билиопанкреатическое шунтирование (БПШ) с продольной резекцией желудка и выключением двенадцатиперстной кишки (BPD-DS) приводят к большей потере веса в долгосрочной перспективе и эффективнее в плане достижения стойкой ремиссии СД2, коррекции нарушений липидного обмена и некоторых других коморбидных состояний по сравнению с чисто рестриктивными вмешательствами [2, 5]. Несмотря на то что БПШ является более эффективной в снижении избыточной массы тела и достижения ремиссии ассоциированных с ожирением заболеваний, чем RYGB [6], данный вид оперативного вмешательства составляет менее 5 % ежегодно выполняемых в мире бариатрических операций [3, 7]. Основные причины отказа от БПШ связаны с техническими сложностями выполнения операции, длительным временем оперативного вмешательства и возможными побочными эффектами операции (частый стул, белково-калорийная, жировая, микроэлементная недостаточность) [8].

Операция билиопанкреатического шунтирования была модифицирована D.S. Hess, D.W. Hess и P. Marceau с соавт. и получила название билиопанкреатического шунтирования с дуоденальным выключением (BPD-DS) [9, 10]. Принципиальным техническим отличием являлось выполнение продольной (а не поперечной резекции желудка) на зонде 32 Fr, что позволило усилить рестриктивный компонент операции, снизить секрецию грелина, увеличив и потенциальный метаболический эффект операции. Двенадцатиперстная кишка пересекалась, как и в случае модификации Scopinaro в 2,0 см дистальнее привратника, дуоденоэнтероанастомоз (ДЭА) формировался на петле по Ру с алиментарной петлей (АП) длиной 250–350 см, общей петлей (ОП) — 60–100 см.

В России результаты операции BPD/DS у 292 больных с 7-ми летним сроком наблюдения были представлены авторами ранее в 2012 г. [11]. Максимальное снижение массы тела у большинства больных этой группы отмечалось через 2 года после операции и составило 78,1 %, частота ранних послеоперационных осложнений — 5,7 %. 70 пациентов из 292 страдали СД2, уровень HbA1c снизился в среднем с 7,5 % (до операции) до 5,6 % через 6 месяцев после операции и удерживался на этом уровне на протяжении 5-ти лет. Через 1,5 года после операции отмечена нормализация липидного обмена у всей группы больных (коэффициент атерогенности (КА) < 3) [11]. Результаты наших наблюдений и ранее опубликованные данные зарубежных авторов дали основания

считать БПШ наиболее эффективной операцией при СД2 при условии сохраненного функционирующего пула бета-клеток [9, 10, 11].

В попытке упростить технику операции при сохранении основных принципов и преимуществ BPD в 2007 году A. Sánchez-Pernaute с соавторами внедрили технику двенадцатиперстно-подвздошного шунтирования с одним анастомозом и рукавной гастрэктомией (Single-anastomosis duodenoileal bypass with sleeve gastrectomy — SADI), которая обеспечивает почти в 100% случаев компенсацию СД2 (при сохраненной функции поджелудочной железы) [12], ликвидацию коморбидных состояний, как и в случае исходной операции N. Scopinaro [13] или варианта, предложенного Hess-Marceau (рис. 1). Авторы формировали общую петлю длиной сначала 200, а затем 250 см от слепой кишки с наложением на этом уровне дуоденоилеоанастомоза, в результате чего им удалось добиться потери до 80 % избыточного веса в течение 6 месяцев и в среднем 100 % через 18 месяцев после операции. Удлинение общей петли с 200 до 250 см способствовало уменьшению частоты белковой недостаточности с 8 % до минимума [14].

Двенадцатиперстно-подвздошное шунтирование с рукавной гастрэктомией и одним ДЭА анастомозом и (SADI, SADI-S) представляет собой модификацию БПШ и является относительно новой бариатрической операцией. В зависимости от длины общей петли данная операция также известна как желудочно-кишечная пилоросохраняющая операция (SIPS) (при длине общей петли 300 см), петлевой дуоденальный переключатель (LDS) и (200–250 см) [15].

Несмотря на отличные результаты и приемлемую частоту послеоперационных осложнений, данных литературы о долгосрочной эффективности SADI все еще недостаточно [14, 16]. Поэтому целью данного исследования явилось провести долгосрочную сравнительную оценку эффективности БПШ в модификациях BPD-DS и SADI.

Материалы и методы

В данное проспективное (одноцентровое) исследование было включено 200 пациентов с морбидным ожирением, которые были разделены на 2 группы: 100 пациентов, которые были последовательно прооперированы по методике BPD-DS (19 (19,0 %) мужчин и 81 (81,0 %) женщин в возрасте 40,1±9,9 лет) и 100 пациентов, которым также последовательно выполнили операцию БПШ в модификации SADI (36 (36,0 %) мужчин и 64 (64,0 %) женщины в возрасте 41,3±11,0 лет).

Критериями включения и пациентов в исследование явились возраст пациентов от 18 до 65 лет; ИМТ ≥ 35 кг/м²; а также наличие подписанного информированного согласия на участие в исследовании.

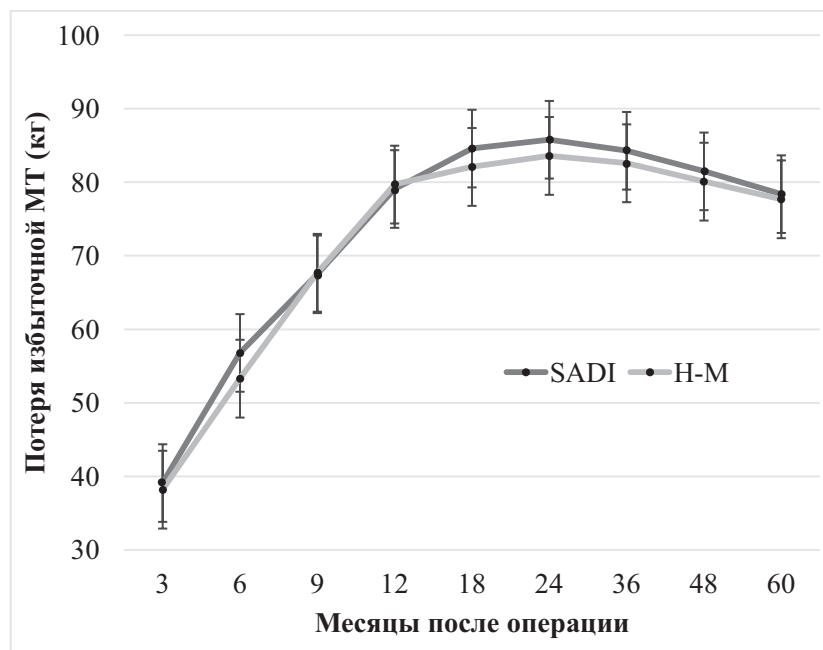


Рис. 1. Динамика потери избыточной МТ после двух видов БПШ (SADI и BPD-DS)

Критерии невключения пациентов в исследование: несоответствие критериям включения; наличие состояний, исключающих проведение оперативного вмешательства (обострение язвенной болезни желудка или 12-перстной кишки, онкологические заболевания, беременность, лактация); наличие тяжелых психических расстройств (шизофрения, маниакально-депрессивный психоз, наркомания); ранее выполненные операции на желудке (продольная резекция желудка).

Критерии исключения пациентов из исследования: отказ от подписания информированного согласия; интраоперационное выявление заболеваний верхних отделов ЖКТ, гепатобилиарной зоны, делавших невозможным выполнение предполагаемого объема оперативного вмешательства; неготовность пациента к сотрудничеству: нерегулярное посещение клиники для проведения контрольных исследований.

Всем прооперированным пациентам проводился стандартный комплекс клинических, лабораторных и инструментальных методов обследования до, сразу после и через 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 и 60 месяцев после операции.

Снижение массы тела после операции оценивали с помощью показателя процентная доля снижения индекса массы тела (%EWL).

Диагноз сахарного диабета 2 типа устанавливали с привлечением эндокринолога в соответствии с клиническими рекомендациями «Сахарный диабет 2 типа у взрослых», опубликованных в том числе и в 2020 г. [Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю., 2020].

Диагноз дислипидемии устанавливали на основании рекомендаций Всероссийского научного общества кардиологов (ВНОК) по диагностике и коррекции нарушений липидного обмена с целью профилактики и лечения атеросклероза (2020): ОХС > 4,5 ммоль/л, ХС ЛПНП > 2,5 ммоль/л, триглицериды \geq 1,8 ммоль/л, ХС ЛПВП < 1,0 ммоль/л [Гуревич В.С., 2020].

Диагноз гастроэзофагеальной рефлюксной болезни устанавливали на основании наличия критериев, впоследствии отраженных в клинических рекомендациях Российской гастроэнтерологической ассоциации в 2020 г. [Ивашкин В.Т., Маев И.В., Трухманов А.С. и др., 2020].

Проводилась оценка ранних (первые 30 дней после операции) и поздних послеоперационных осложнений. Общая продолжительность исследования составила 60 месяцев (5 лет).

Для статистической обработки результатов применяли программу Statistica 12.0. При статистической обработке данных нормальность распределения определяли по критерию Колмогорова—Смирнова. Данные представляли как $M \pm SD$ (M — средняя, SD — стандартное отклонение) при нормальном распределении и как медиану (25 и 75 перцентили) при ненормальном распределении. Для сравнения двух групп использовали критерий Манна—Уитни, различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

%EWL был сопоставим на всех контрольных точках исследования, статистически значимые различия меж-

ду пациентами, которым выполнялась операция SADI и BPD-DS отсутствовали ($p > 0,05$) (рисунок 1).

Через 3 месяца после операции %EWL составил 39,1 [32,1; 44,7] и 38,2 [30,1; 45,4] у пациентов группы SADI и BPD-DS соответственно ($p=0,685$); через 6 месяцев — 56,8 [48,0; 66,0] и 53,3 [45,0; 64,0] ($p=0,116$); через 9 месяцев — 67,5 [60,0; 79,6] и 67,7 [56,8; 77,0] ($p=0,203$); через 12 месяцев — 79,1 [69,5; 86,5] и 79,7 [68,6; 85,9] ($p=0,875$); через 18 месяцев — 84,6 [72,1; 93,0] и 82,1 [73,9; 93,0] ($p=0,357$); через 24 месяца — 85,8 [73,6; 92,1] и 83,6 [73,6; 95,4] ($p=0,993$); через 36 месяцев — 84,3 [73,2; 91,3] и 82,6 [73,8; 93,0] ($p=0,871$); через 48 месяцев — 81,5 [69,1; 89,2] и 80,1 [68,3; 89,1] ($p=0,787$) и к окончанию исследования через 60 месяцев — 78,4 [65,9; 85,0] и 77,7 [66,5; 87,6] у пациентов группы SADI и BPD-DS соответственно ($p=0,687$).

Наибольшая потеря избыточной МТ составила 89,4 кг [82,3; 98,7] в срок 18 месяцев [18; 24] у пациентов после операции БПШ в модификации SADI и 90,0 кг [80,2; 101,6] в срок 18 месяцев [12; 36] у пациентов после операции BPD-DS, что также не носило статистически достоверных различий ($p > 0,05$) (рисунок 2).

Число пациентов, достигших нормальных показателей МТ составило: через 36 месяцев — 9,9 % ($n=19$), через 48 месяцев — 9,8 % ($n=18$) и через 60 месяцев — 10,5 % ($n=18$).

При оценке динамики коморбидных состояний было установлено, что пациентов с показателями гликемии, соответствующими критериям СД2 в группе SADI было 45 (45,0 %), в группе BPD-DS — 35 (35,0 %). Уровень гли-

козилированного гемоглобина (HbA1C) до операции был 6,55 % [5,9; 8,2] и 7,16 % [6,2; 8,2] в группах SADI и BPD-DS соответственно. Через 5 лет после операции полной ремиссии достигли 38 (84,4 %) и 32 (91,4 %) пациентов из групп SADI и BPD-DS соответственно, а 7 (15,6 %) и 3 (8,6 %) пациентов имели частичную ремиссию. Инсулинотерапия через 5 лет потребовалась 1 (2,2 %) пациенту из группы SADI и 1 (2,9%) из группы BPD-DS. Уровень HbA1C через 5 лет после операции составил 5,0 % [4,75; 5,2] и 4,9 % [4,5; 5,1] в группах SADI BPD-DS соответственно.

Дислипидемия наблюдалась у 50 (50,0 %) пациентов из группы SADI и 66 (66,0 %) из группы BPD-DS. Через 5 лет ремиссии достигли 37 (74,0 %) пациентов из группы SADI и 63 (95,5 %) из группы BPD-DS.

Обструктивное апноэ во сне до операции было выявлено у 38 (38,0 %) и 30 (30,0 %) пациентов, через 5 лет ремиссии достигли 36 (94,7 %) и 29 (96,7 %) пациентов из группы SADI и BPD-DS соответственно.

Рефлюкс эзофагит отмечался у 47 (47,0 %) пациентов, прооперированных по методике БПШ в модификации SADI и 51 (50,5 %) BPD-DS. Через 5 лет ремиссии достигли 33 (70,2 %) пациента из группы SADI и 16 (31,4 %) пациентов из группы BPD-DS.

Также у большинства женщин нормализовался менструальный цикл. Из всех женщин с исходной дисменореей (22/64 (34,4 %) в группе SADI и 39/81 (48,1 %) в группе BPD-DS) через 60 месяцев после операции ремиссии достигли 18 (81,8 %) пациенток из группы SADI и 33 (84,6 %) из группы BPD-DS.

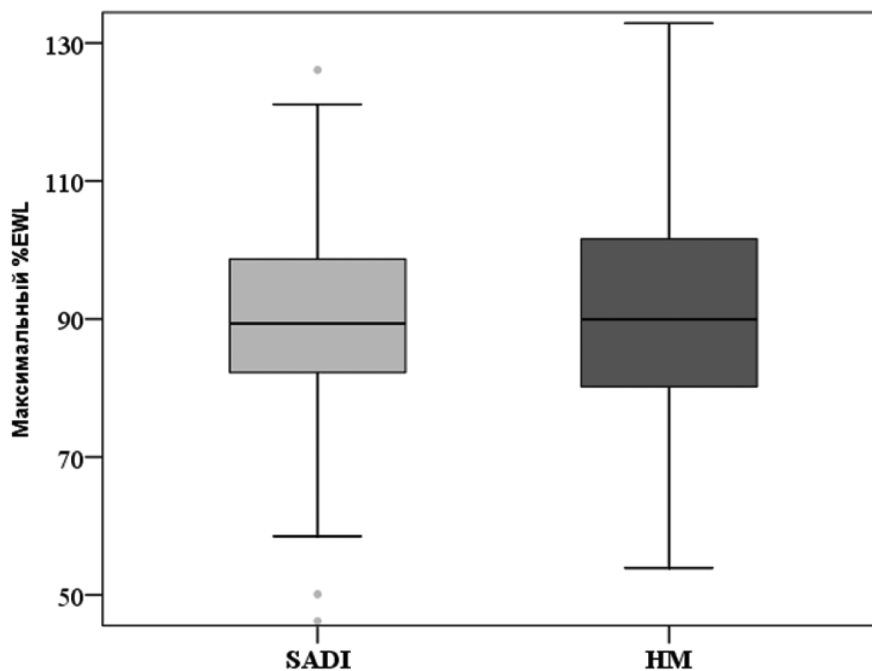


Рисунок 2. Наибольшая потеря избыточной МТ после двух видов БПШ (SADI и BPD-DS)

Среди пациенток со стрессовым неудержанием мочи (20 (31,25 %) из группы SADI и 32 (39,5 %) из группы BPD-DS) через 5 лет ремиссии достигли 15 (75,0 %) и 27 (84,4 %) пациенток соответственно. При этом, важно отметить, что возраст пациенток с сохранившимся стрессовым неудержанием мочи был значимо выше по сравнению с теми, у кого после операции данная патология регрессировала: 47,5 [41; 52] и 40,0 [34; 50] ($p < 0,05$). Различий между группами по частоте дисменореи и стрессовому неудержанию мочи выявлено не было.

В первые 30 дней после операции (ранний послеоперационный период) всего у 11 (5,5 %) пациентов обеих групп были выявлены различные осложнения в раннем послеоперационном периоде, при этом у пациентов группы SADI они встречались в 4,1 раза реже, чем в группе BPD-DS ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1.

Осложнения в послеоперационном периоде после двух видов БПШ

Осложнения	SADI (n=100)	BPD-DS (n=100)	Всего (n=200)
Ранний послеоперационный период			
Инфекция в ране, дренирование	1 (1,0 %)	3 (3,0 %)	4 (2,0 %)
Пневмонии	1 (1,0 %)	2 (2,0 %)	3 (1,5 %)
Анастомозит, консервативное лечение	—	2 (2,0 %)	2 (1,0 %)
Ранняя тонкокишечная непроходимость, ревизия	—	2 (2,0 %)	2 (1,0 %)
Общая частота осложнений	2 (2,0 %)	9 (9,0 %)	11 (5,5 %)
Поздний послеоперационный период			
Поздняя тонкокишечная непроходимость	1 (1,0 %)	3 (3,0 %)	4 (2,0 %)
Избыточная белковая мальабсорбция (БМА), диарейный синдром	1 (1,0 %)	9 (9,0 %)	10 (5,0 %)
Рефлюкс (желчный рефлюкс, рефлюкс-эзофагит)	7 (7,0 %)	10 (10,0 %)	17 (8,5 %)
Рефлюкс (желчный рефлюкс, рефлюкс-эзофагит), потребовавший реконструктивной операции	4 (4,0 %)	—	4 (2,0 %)
Поздние ревизии вследствие недостаточной потери веса	6 (6,0 %)	4 (4,0 %)	10 (5,0 %)
Поздние ревизии для устранения побочных эффектов, избыточной малабсорбции, диарейного синдрома	1 (1,0 %)	5 (5,0 %)	6 (3,0 %)
Общая частота осложнений	16 (16,0 %)	31 (31,0 %)	47 (23,5 %)

Общее число поздних послеоперационных осложнений составило 47, при этом в группе SADI их было в 1,9 раза меньше, чем в группе BPD-DS ($p < 0,05$).

Заключение

В последнее время БПШ в модификации SADI стала вызывать значительный интерес и на сегодняшний день одобрена IFSO [17].

В данном исследовании %EWL в течение всего периода наблюдения был сопоставим в исследуемых группах. Достигнутые нами результаты снижения массы тела сопоставимы с данными, полученными в других исследованиях как для SADI, так и для BPD-DS [18, 19]. Так, в недавнем крупном одноцентровом ретроспективном когортном исследовании P. Finno с соавт. отметили, что потеря веса при SADI-S и BPD-DS была идентичной в течение 2 лет после операции — 74,7 % и 78,2 % соответственно [19].

Результаты нашего исследования показали высокую эффективность БПШ в модификации SADI и BPD-DS в лечении ожирения и таких сопутствующих заболеваний как СД 2 типа, дислипидемия, обструктивное апноэ, рефлюкс эзофагит, дисменорея и стрессовое недержание мочи. Среди всех изученных сопутствующих заболеваний частота ремиссии была самой высокой для СД 2 типа (84,4 %), что даже несколько выше по сравнению с результатами, полученными в других исследованиях — 60–80 % [Shoar S, Poliakin L, Rubenstein R, et al., 2018, Topart P, Becouarn G, 2017].

В настоящем исследовании частота ранних и поздних послеоперационных осложнений составила 2,0 % и 16,0%, соответственно, что было сопоставимо с допустимыми показателями после преимущественно малоабсорбтивных операций [2, 15]. По данным других исследований, частота ранних осложнений после SADI колеблется в пределах от 1,6 до 13 % [18].

Выводы

Процедура БПШ в модификации SADI безопасна, а ее краткосрочные и долгосрочные результаты, включая потерю веса и ремиссию сопутствующих заболеваний, аналогичны BPD/DS. Значимо меньшая частота ранних и поздних послеоперационных осложнений позволяет рекомендовать более широкое использование данной операции в клинической практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jaacks LM, Vandevijvere S, Pan A, et al. The obesity transition: stages of the global epidemic. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2019;7(3):231–240.
2. Colquitt JL, Pickett K, Loveman E, Frampton GK. Surgery for weight loss in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;8:CD003641.
3. Khorgami Z, Shoar S, Andalib A, et al. Trends in utilization of bariatric surgery, 2010–2014: sleeve gastrectomy dominates. *Surg Obes Relat Dis.* 2017;13:774–8.
4. Clapp B, Wynn M, Martyn C, et al. Long term (7 or more years) outcomes of the sleeve gastrectomy: a meta-analysis. *Surg Obes Relat Dis.* 2018;14:741–7.
5. Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E, et al. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2004;292:1724–37
6. Risstad H, Sovik TT, Engstrom M, et al. Five-year outcomes after laparoscopic gastric bypass and laparoscopic duodenal switch in patients with body mass index of 50 to 60: a randomized clinical trial. *JAMA Surg.* 2015;150:352–61.
7. Angrisani L, Santonicola A, Iovino P, et al. Bariatric Surgery Worldwide 2013. *Obes Surg.* 2015;25:1822–32.
8. Aasheim ET, Bjorkman S, Sovik TT, et al. Vitamin status after bariatric surgery: a randomized study of gastric bypass and duodenal switch. *Am J Clin Nutr.* 2009;90:15–22.
9. Hess DS, Hess DW, Oakley RS. The biliopancreatic diversion with the duodenal switch: results beyond 10 years. *Obes Surg* 2005;15:408–16.
10. Marceau P, Biron S, St Georges R et al. Biliopancreatic Diversion with Gastrectomy as Surgical Treatment of Morbid Obesity. *Obes Surg.* 1991 Dec;1(4):381–387.
11. Яшков Ю.И., Никольский А.В, Бекузаров Д.К. Семилетний опыт применения операции билиопанкреатического отведения в модификации Hess-Marceau в лечении морбидного ожирения и сахарного диабета 2 типа. *Ожирение и метаболизм*, 2012. — N 2. — С. 43–48.
12. Sánchez-Pernaute A, Herrera MA, Pérez-Aguirre ME, et al. Single anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy (SADI-S): one to three-year follow-up. *Obes Surg* 2010;20:1720–6.
13. Scopinaro N, Adami GF, Marinari GM, et al. Biliopancreatic diversion. *World J Surg* 1998; 22(9):936–46.
14. Sánchez-Pernaute A, Rubio MA, Pérez Aguirre E, et al. Single-anastomosis duodenoileal bypass with sleeve gastrectomy: metabolic improvement and weight loss in first 100 patients. *Surg Obes Relat Dis* 2013;9(5):731–5.
15. Surve A, Cottam D, Sanchez-Pernaute A, et al. The incidence of complications associated with loop duodeno-ileostomy after single-anastomosis duodenal switch procedures among 1328 patients: a multicenter experience. *Surg Obes Relat Dis.* 2018;14:594–601.
16. Avellana Moreno R, Lasses Martínez B, Estela Villa LM, et al. Conversion from Roux-En-Y Gastric Bypass to Single Anastomosis Duodenoileal Bypass (SADI-S) for Weight Regain. *Obes Surg.* 2021;10.1007/s11695-021-05622-4.
17. Kallies K, Rogers AM, American Society for M, Bariatric Surgery Clinical Issues C. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery updated statement on single-anastomosis duodenal switch. *Surg Obes Relat Dis.* 2020;16:825–30.
18. Surve A, Zaveri H, Cottam D, et al. A retrospective comparison of biliopancreatic diversion with duodenal switch with single anastomosis duodenal switch (SIPS-stomach intestinal pylorus sparing surgery) at a single institution with two year follow-up. *Surg Obes Relat Dis.* 2017;13:415–22.
19. Finno P, Osorio J, Garcia-Ruiz-de-Gordejuela A, et al. Single Versus Double-Anastomosis Duodenal Switch: Single-Site Comparative Cohort Study in 440 Consecutive Patients. *Obes Surg.* 2020;30:3309-16.
20. Shoar S, Poliakin L, Rubenstein R, Saber AA. Single Anastomosis Duodeno-Ileal Switch (SADIS): A Systematic Review of Efficacy and Safety. *Obes Surg.* 2018;28(1):104–113. doi:10.1007/s11695-017-2838-8

© Бордан Наталья Семеновна (socetanie@mail.ru); Яшков Юрий Иванович (yu@yashkov.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ РАКА ЛЕГКОГО

Гараев Ринат Расимович

Уральский государственный медицинский университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации
rinatgaraev@e1.ru

CURRENT APPROACHES TO THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF LUNG CANCER

R. Garaev

Summary: The article discusses current treatments for lung cancer, including immunotherapy and targeted therapies, as well as different approaches to diagnosis. The authors discuss the advantages and disadvantages of each approach and propose an integrative approach to the treatment of this disease. Particular attention is paid to the effectiveness of each treatment and their applicability in specific cases. An integrative approach to the treatment of lung cancer achieves the best results and increases the chances of survival for patients. The authors conclude by discussing the prospects for further research in the diagnosis and treatment of lung cancer.

Keywords: oncology, lung cancer, immunotherapy, targeted therapy, lung cancer diagnosis, integrative approach.

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы лечения рака лёгкого, включая иммунотерапию и таргетную терапию, а также различные подходы к диагностике. Авторы обсуждают преимущества и недостатки каждого подхода и предлагают интегративный подход к лечению этого заболевания. Особое внимание уделяется эффективности каждого метода лечения и их применимости в конкретных случаях. Интегративный подход к лечению рака лёгкого позволяет достичь наилучших результатов и повысить шансы на выживание пациентов. В заключении авторы обсуждают перспективы дальнейших исследований в области диагностики и лечения рака лёгкого.

Ключевые слова: онкология, рак легкого, иммунотерапия, таргетная терапия, диагностика рака легкого, интегративный подход.

Рак лёгкого является одним из наиболее распространенных видов онкологических заболеваний, которые по-прежнему остаются одной из главных причин смертности по всему миру. Рак лёгкого развивается в результате неправильного функционирования клеток лёгких, которые начинают не контролируемое деление и формирование опухолей. Он может проявляться различными симптомами, такими как кашель, затрудненное дыхание, боль в грудной клетке и кровохарканье. Однако, часто рак лёгкого может быть длительное время бессимптомным, что затрудняет его диагностику на ранних стадиях.

Для диагностики рака лёгкого используются различные методы — рентгенография, компьютерная томография, бронхоскопия, биопсия. При подтверждении диагноза, выбор метода лечения будет зависеть от типа и стадии опухоли, а также от общего состояния пациента.

Современные методы лечения рака лёгкого включают в себя хирургическое вмешательство, химиотерапию, лучевую терапию, таргетную терапию и иммунотерапию. Хирургическое удаление опухоли является наиболее эффективным методом лечения рака лёгкого на ранних стадиях заболевания. Химиотерапия и лучевая терапия используются как дополнительные методы лечения для уменьшения размера опухоли и уничтожения оставшихся раковых клеток. Иммунотерапия является новым методом лечения рака лёгкого, который основан на использовании иммунной системы организма для борьбы с раковыми клетками. Таргетная же терапия может быть

использована в тех случаях, когда в опухолевых клетках имеются определенные целевые структуры для воздействия таргетных препаратов.

Интегративный подход к лечению, который объединяет различные методы терапии, позволяет достичь наилучших результатов и повысить шансы на выживание пациентов.

Современные подходы к диагностике

Основной проблемой, которую рак легкого создает для системы здравоохранения, является его плохой прогноз из-за поздней стадии обнаружения, поскольку большинство пациентов (более 75 %) при постановке диагноза уже имеют III или IV стадию онкологии. Более того, прогноз пациентов с раком легкого значительным образом зависит от стадии заболевания. Например, в то время как у пациентов с клинической стадией IA 5-летняя выживаемость составляет около 60 %, при клинической стадии заболевания II–IV 5-летняя выживаемость колеблется от 40 % до менее 5 % (Schabath, Cote, 2019).

Одна из возможных причин, по которой рак легких находится на лидирующих позициях по смертности от онкологических заболеваний, заключается в том, что он часто не диагностируется до тех пор, пока не перейдет в запущенную стадию, так как рак легких на ранних стадиях практически никак себя не проявляет. Поэтому, ранняя диагностика рака легких имеет решающее значение, особенно при обследовании групп населения

высокого риска (курящие, работники токсичных производств, нефтяных месторождений и т.д.).

Для диагностики рака легкого используются различные методы, такие как рентгенография, компьютерная томография, бронхоскопия и биопсия. Рентгенография является наиболее доступным методом диагностики, но не всегда позволяет выявить рак на ранних стадиях. Компьютерная томография позволяет получить более точную картину заболевания. Бронхоскопия и биопсия являются более инвазивными методами диагностики, но позволяют получить более точную информацию о характере опухоли.

Современная диагностика рака легких включает различные виды визуализации, дополненные патологоанатомической оценкой биопсий, однако, эти методы все еще не могут с достаточной степенью эффективности выявлять ранние стадии развития рака легких.

Скрининг групп высокого риска

Скрининг групп высокого риска, наиболее подверженных заболеванию, позволяет выявить рак на ранней стадии, когда онкология еще поддается лечению. Как упоминалось ранее, к группам высокого риска относятся лица с большим стажем курения (более 30 пачек в год), текущие курильщики или те, кто бросил курить менее 15 лет назад; возраст от 55 до 80 лет также является фактором риска (Usman et al, 2016).

Рентгенографический скрининг и диагностика

Ежегодный рентгенографический скрининг грудной клетки с использованием низкодозной спиральной компьютерной томографии (LDCT) показали снижение смертности от рака легких (Sobue et al, 2002). Компьютерная томография более эффективна для выявления периферических поражений легких, а современная технология спиральной компьютерной томографии позволяет выявить узелки размером от 1 до 5 мм. Однако, препятствия для внедрения данного скрининга включают стоимость, доступность и повышенный риск развития рака в результате воздействия низких доз радиации. Спиральная КТ показала более высокую диагностическую способность для выявления периферически расположенных небольших опухолей, однако чувствительность для более центрально расположенных опухолей (в основном плоскоклеточной карциномы) оказались значительно ниже (Toyoda et al, 2008). Улучшение скрининга рака легкого с использованием менее дорогих и неинвазивных методов является приоритетной задачей.

Исследование мокроты

Цитологическое исследование мокроты может помочь выявить более крупные опухоли из бронхов, но ча-

сто не позволяет обнаружить мелкие аденокарциномы, происходящие из разветвлений дыхательных путей (Risse et al, 1987). Цитология мокроты имеет низкую чувствительность при раннем раке легкого и не рекомендуется в качестве рутинного обследования пациентов с подозрением на рак легкого (MacDougall, Weinerman, 1992). Иммуноокрашивание может обеспечить более благоприятный результат по сравнению с цитологией мокроты. Исследования показали, что положительное окрашивание антителами может предсказать развитие рака легких примерно за два года до клинического проявления заболевания на основании рентгенографии грудной клетки и цитологии. Одно антитело (703D4) показало более высокую чувствительность и позже было идентифицировано как распознающее белок гетерогенный ядерный рибонуклеопротеин (hnRNP) A2/B1 (Tockman et al, 1988). Экспрессия hnRNP A2/B1 в клетках эпителия мокроты была в 2–3 раза более чувствительна для раннего выявления рака легкого, чем стандартные методы рентгенографии грудной клетки и цитологии мокроты.

Бронхоскопия и биопсия тканей

Бронхоскопия в белом свете обычно используется для диагностики рака легких, но имеет ограничения в выявлении предраковых поражений. Были разработаны системы флуоресцентной бронхоскопии и фотодинамической диагностики. Лазерная фотодинамическая диагностическая система LIFE-lung Fluorescence Endoscopy была разработана с использованием флуоресценции опухолеспецифических препаратов при длине волны 630 нм. Исследования показали более высокую диагностическую чувствительность бронхоскопии LIFE при выявлении предраковых и ранних злокачественных образований, но с меньшей специфичностью. Интересно, что использование бронхоскопии LIFE выявило новую морфологическую единицу, называемую ангиогенной плоскоклеточной дисплазией (ASD), которая имеет значение для долгосрочного наблюдения и будущих исследований в качестве биомаркера ранних поражений (Kurie et al, 1998; Kennedy et al, 2000).

Золотым стандартом подтверждения диагноза является биопсия. Образцы биопсии тканей легкого должны иметь достаточное количество тканевого материала для определения подтипа рака легкого с помощью гистопатологических процедур. Первичная биопсия имеет решающее значение для подтверждения диагноза, позволяя избежать повторной биопсии с повышенным риском осложнений и задержкой начала терапии.

Современные подходы к лечению

Иммунотерапия

В последние годы иммунотерапия стала одним из наиболее перспективных методов лечения рака лег-

кого. Она основана на использовании механизмов иммунной системы для уничтожения раковых клеток.

Одним из основных механизмов иммунотерапии является блокирование сигнального пути PD-1/PD-L1. Этот путь является механизмом, который используют раковые клетки для избегания обнаружения иммунной системой организма. Блокирование этого пути позволяет иммунной системе организма обнаруживать и уничтожать раковые клетки.

Другим методом иммунотерапии является использование терапии CAR-T. Этот метод основан на использовании генной инженерии для создания иммунных клеток, которые способны распознавать и уничтожать раковые клетки. Терапия CAR-T клетками является одним из наиболее перспективных методов лечения рака легкого, но требует дополнительных исследований для определения ее эффективности и безопасности.

Одно из исследований, проведенное Santarpia с соавт., показало, что блокирование сигнального пути PD-1/PD-L1 является эффективным методом лечения рака легкого. Другое исследование, проведенное Zeltsman с соавт., показало, что терапия CAR-T является эффективным методом лечения рака легкого, в частности, злокачественной плевральной мезотелиомы. В работе были обобщены целевые антигены для CAR T-клеточной терапии, которые исследуются в доклинических исследованиях и клинических испытаниях.

С открытием иммунотерапии терапевтическая парадигма для пациентов с прогрессирующим раком легких коренным образом изменила лечение. Для пациентов с раком легких на поздней стадии доступно несколько возможных вариантов терапии, от одноагентной иммунотерапии до квадротерапии, которая сочетает иммунотерапию с химиотерапией и препаратами против сосудистого эндотелиального фактора роста. Для лечения пациентов с раком легких на последних стадиях одобрены иммунотерапевтические препараты отдельно или в комбинации с другими иммунотерапевтическими средствами и химиотерапией.

Однако, необходимо отметить, что иммунотерапия может иметь определенные побочные эффекты, такие как иммунная реакция на здоровые ткани организма. Также существует такая проблема, как формирование резистентности к ингибиторам контрольных точек иммунитета (Lahiri et al, 2023). Поэтому, при использовании иммунотерапии в лечении рака легкого необходимо тщательно контролировать побочные эффекты и выбирать оптимальный метод лечения.

Таргетная, или целевая терапия

Молекулярно-направленная, или таргетная терапия — это современный метод лечения рака, который

воздействует на определенные молекулы, блокируя рост, прогрессирование и метастазирование опухоли. Многие молекулярные таргетные терапии, одобренные Управлением по контролю за продуктами и лекарствами (FDA), продемонстрировали замечательный клинический успех в лечении множества видов рака, включая рак молочной железы, лейкемию, колоректальный рак, рак легких и рак яичников.

Комплексное геномное профилирование рака легкого выявило его генетическую гетерогенность и сложность, а также определило многочисленные онкогенные изменения драйверов, являющиеся мишенью. Эти исследования по молекулярному профилированию позволили использовать потенциал молекулярно-направленной терапии. Отбор пациентов для целевой терапии становится биомаркерно-ориентированным, когда сначала определяются онкогенные драйверы в опухолях пациентов, а затем пациентам с чувствительными к лекарствам генетическими абберациями подбирается соответствующая целевая терапия. Успех такого дизайна клинических испытаний и практики был впервые продемонстрирован в испытаниях ингибитора EGFR при раке легких и с тех пор был включен в последующие испытания таргетной терапии, включая ALK-, ROS1- и BRAF V600E-таргетную терапию (Mayekar, Bivona, 2017).

До появления таргетной терапии системная цитотоксическая химиотерапия использовалась для лечения всех видов рака. Однако этот универсальный подход сработал только в отношении некоторых видов рака. Поэтому продолжался поиск лучших подходов к лечению многих видов рака, чтобы избежать высокой токсичности, вызываемой стандартной химиотерапией, и вызвать стойкий ответ. В то время как стандартная цитотоксическая химиотерапия остается современным методом лечения мелкоклеточного рака легких, который составляет около 15 % рака легких, она оказалась неэффективной при лечении немелкоклеточного рака легких (NSCLC), который составляет 85 % рака легких. Это наблюдение стимулировало исследования по разработке методов лечения рака легких на основе гистологического и молекулярного профилирования.

Потенциал таргетной терапии в лечении рака легких был раскрыт после того, как была отмечена эффективность терапии гефитинибом у больных раком легких с сенсibiliзирующими мутациями ингибитора EGFR. Ранние клинические испытания ингибиторов EGFR подчеркнули важность идентификации онкогенных драйверов. Такой дизайн клинических испытаний по проверке эффективности целевой терапии на отдельных группах пациентов с чувствительными к ингибиторам генетическими изменениями был принят в последующих испытаниях ингибиторов EGFR. Успех этого дизайна побудил включить его в последующие испытания целевой тера-

пии при раке легкого с другими действующими онкогенными факторами.

Одним из основных молекулярных маркеров в лечении рака легкого является мутация EGFR (эпидермальный фактор роста). Блокирование EGFR позволяет остановить рост и развитие раковых клеток. Другим молекулярным маркером является мутация ALK (анапластический лимфомкиназный рецептор). Блокирование ALK также может привести к остановке роста и развития раковых клеток (Du et al, 2018).

Заключение

Современные подходы к диагностике и лечению рака лёгкого включают в себя использование иммунотерапии и таргетной терапии в зависимости от каждого конкретного клинического случая. Эти методы, хотя еще сравнительно новые, уже доказали свою эффективность в повышении выживаемости и улучшении качества жизни пациентов. Для лучшей эффективности данные методы могут быть использованы в комбинации с более традиционными подходами к терапии рака, такими, как химиотерапия и лучевая терапия.

Иммунотерапия, которая направлена на активацию иммунной системы организма для борьбы с раковыми клетками, является одной из ключевых технологий в лечении рака лёгкого. Эта терапия может быть использована как в комбинации с другими методами, так и в качестве единственного метода лечения. Таргетная терапия,

направленная на ингибирование конкретных молекулярных мишеней, позволяет лечить рак более точно и эффективно, и при этом существенно снижает побочные эффекты, которые обычно связаны с химиотерапией или лучевой терапией.

Однако, несмотря на значительные успехи в использовании иммунотерапии и таргетной терапии для лечения рака лёгкого, все еще остается ряд задач. Например, многие пациенты не реагируют на иммунотерапию, и не все пациенты могут получить таргетную терапию из-за отсутствия соответствующих биомаркеров. Поэтому, дальнейшие исследования по улучшению эффективности иммунотерапии и таргетной терапии, а также по разработке новых методов диагностики и лечения рака лёгкого, остаются крайне важными.

Необходима работа по пониманию молекулярных механизмов, лежащих в основе рака лёгкого, и по идентификации новых биомаркеров, которые могут использоваться для диагностики и прогнозирования развития рака. Кроме того, разработка новых методов лечения, таких как комбинированная иммунотерапия и терапия CAR-T, также должны совершенствоваться.

В целом, современные подходы к диагностике и лечению рака лёгкого представляют собой значительный прогресс в борьбе с заболеванием. При этом, необходимость дальнейших исследований в области диагностики и лечения рака лёгкого остается крайне актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

- Du, X., Shao, Y., Qin, H.F., Tai, Y.H., & Gao, H.J. (2018). ALK-rearrangement in non-small-cell lung cancer (NSCLC). *Thoracic cancer*, 9(4), 423–430.
- Kennedy, T.C.; Hirsch, F.R.; Miller, Y.E.; Prindiville, S.; Murphy, J.R.; Dempsey, E.; Proudfoot, S.; Bunn, P.A.; Franklin, W.A. A Randomized Study of Fluorescence Bronchoscopy versus White-Light Bronchoscopy for Early Detection of Lung Cancer in High Risk Patients. *Lung Cancer* 2000, 1 (Suppl. S1), 244–245.
- Kurie, J.M.; Lee, J.S.; Morice, R.C.; Walsh, G.L.; Khuri, F.R.; Broxson, A.; Ro, J.Y.; Franklin, W.A.; Yu, R.; Hong, W.K. Autofluorescence Bronchoscopy in the Detection of Squamous Metaplasia and Dysplasia in Current and Former Smokers. *J. Natl. Cancer Inst.* 1998, 90, 991–995.
- Lahiri, A., Maji, A., Potdar, P.D. et al. Lung cancer immunotherapy: progress, pitfalls, and promises. *Mol Cancer* 22, 40 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12943-023-01740-y>
- MacDougall, B.; Weirman, B. The Value of Sputum Cytology. *J. Gen. Intern. Med.* 1992, 7, 11–13.
- Mayekar, M.K., & Bivona, T.G. (2017). Current Landscape of Targeted Therapy in Lung Cancer. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 102(5), 757–764. doi:10.1002/cpt.810
- Risse, E.K.; Vooijs, G.P.; van't Hof, M.A. Relationship between the Cellular Composition of Sputum and the Cytologic Diagnosis of Lung Cancer. *Acta Cytol.* 1987, 31, 170–176.
- Santarpia, M., Aguilar, A., Chaib, I., Cardona, A.F., Fancelli, S., Laguia, F., ... & Rosell, R. (2020). Non-small-cell lung cancer signaling pathways, metabolism, and PD-1/PD-L1 antibodies. *Cancers*, 12(6), 1475.
- Schabath, M.B., & Cote, M.L. (2019). Cancer progress and priorities: lung cancer. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention*, 28(10), 1563–1579.
- Sobue, T.; Moriyama, N.; Kaneko, M.; Kusumoto, M.; Kobayashi, T.; Tsuchiya, R.; Kakinuma, R.; Ohmatsu, H.; Nagai, K.; Nishiyama, H.; et al. Screening for Lung Cancer with Low-Dose Helical Computed Tomography: Anti-Lung Cancer Association Project. *JCO* 2002, 20, 911–920.
- Tockman, M.S.; Gupta, P.K.; Myers, J.D.; Frost, J.K.; Baylin, S.B.; Gold, E.B.; Chase, A.M.; Wilkinson, P.H.; Mulshine, J.L. Sensitive and Specific Monoclonal Antibody Recognition of Human Lung Cancer Antigen on Preserved Sputum Cells: A New Approach to Early Lung Cancer Detection. *J. Clin. Oncol.* 1988, 6, 1685–1693.
- Toyoda, Y.; Nakayama, T.; Kusunoki, Y.; Iso, H.; Suzuki, T. Sensitivity and Specificity of Lung Cancer Screening Using Chest Low-Dose Computed Tomography. *Br. J. Cancer* 2008, 98, 1602–1607.
- Usman Ali, M.; Miller, J.; Peirson, L.; Fitzpatrick-Lewis, D.; Kenny, M.; Sherifali, D.; Raina, P. Screening for Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Prev. Med.* 2016, 89, 301–314.
- Zeltsman, M., Dozier, J., McGee, E., Ngai, D., & Adusumilli, P.S. (2017). CART-cell therapy for lung cancer and malignant pleural mesothelioma. *Translational research*, 187, 1–10.

© Гараев Ринат Расимович (rinatgaraev@e1.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ КРИОАБЛАЦИИ В СОЧЕТАНИИ С КОРРЕКЦИЕЙ ПОРОКА МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МЕТААНАЛИЗ

EFFICACY AND SAFETY OF CRYOABLATION PROCEDURE IN COMBINATION WITH MITRAL VALVE DEFECT CORRECTION: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

**R. Komarov
M. Nuzhdin
D. Matsuganov
D. Bystrov**

Summary. Atrial fibrillation is the most frequent violation of the heart rhythm, the main mechanism of which is re-entry waves. This arrhythmia is often combined with structural and functional changes of the heart, which requires a comprehensive approach to treatment. Currently, atrial fibrillation is often combined with mitral valve damage, acting as the cause and as a consequence of this defect. The approach to the treatment of such patients is associated with the restoration of rhythm and correction of the defect simultaneously. However, despite a large amount of research in this area, there are certain differences of authors in the choice of an energy source and a scheme for causing damage in order to create a maze.

Moreover, when using these technologies, an important issue of safety and efficiency arises. In this regard, the study and application of this method of rhythm restoration becomes extremely relevant.

In this systematic review with meta-analysis, the effectiveness and safety of performing the cryoablation procedure according to the «labyrinth» scheme in combination with the correction of mitral valve defect, depending on the volume of damage.

Keywords: atrial fibrillation, freedom from atrial fibrillation, mitral valve, atrial cryoablation.

Комаров Роман Николаевич

Доктор медицинских наук, профессор,
Директор клиники аортальной и сердечно-сосудистой
хирургии, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России

komarovroman@rambler.ru

Нуждин Михаил Дмитриевич

Кандидат медицинских наук,
заведующий кардиохирургическим отделением,
врач-сердечно-сосудистый хирург,

ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»
mikhailnuzhdin@hotmail.ru

Мацуганов Денис Алексеевич

Врач-сердечно-сосудистый хирург
кардиохирургического отделения,

ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»
denmatsug@yandex.ru

Быстров Дмитрий Олегович

кандидат медицинских наук,
врач-сердечно-сосудистый хирург
кардиохирургического отделения,

ГБУЗ Архангельской области «Первая городская
клиническая больница им. Е.Е. Волоосевич»
dr.bystrov@gmail.ru

Аннотация. Фибрилляция предсердий — самое частое нарушение ритма сердца, основным механизмом которого являются волны re-entry. Данная аритмия часто сочетается со структурными и функциональными изменениями сердца, что требует комплексного подхода в лечении. В настоящее время фибрилляция предсердий часто сочетается именно с поражением митрального клапана, выступая как причина и как следствие этого порока. Подход к лечению таких пациентов связан с восстановлением ритма и коррекцией порока одновременно. Однако, несмотря на большое количество исследований в данной области, есть определенные разногласия авторов в выборе источника энергии и схемы нанесения повреждений с целью создания лабиринта.

Более того, при применении данных технологий встает важный вопрос безопасности и эффективности. В связи с этим изучение и применение данного метода восстановления ритма становится крайне актуальным.

В данном систематическом обзоре с метаанализом изучили эффективность и безопасность выполнения процедуры криоаблации по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана в зависимости от объема нанесения повреждения.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, свобода от фибрилляции предсердий, митральный клапан, криоаблация предсердий.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) часто ассоциируется с патологией митрального клапана (МК) и увеличением частоты сердечных событий [1, с. 10]. Операция «лабиринт 3» продемонстрировала отличные результаты и считалась золотым стандартом хирургического лечения ФП [2, с. 25]. Однако, несмотря на ее клинический успех, процедура применялась избирательно из-за ее технической сложности. Процедура «лабиринт 4» заменила технику «cut and sew» нанесением абляционных линий, созданными с использованием различных видов энергии [3, с. 29]. Тем не менее, эффективность в отдаленном периоде сопутствующей хирургической абляции в популяции пациентов, перенесших операцию на МК, полностью не определена [4, с. 10].

Примерно у 50 % пациентов перенесших операцию на МК при наличии ФП, вероятность восстановления синусового ритма низкая при отсутствии выполнения процедуры хирургической абляции [5, с. 88; 6, с. 17; 7, с. 57; 8, с. 22]. Было также установлено, что ФП является независимым, значимым предиктором неблагоприятного исхода в отдаленном периоде [9, с. 34]. Не вызывает сомнений необходимость восстановления и поддержания ритма сердца данным пациентам.

Противоречивость данных литературы, неоднозначность показателей эффективности и безопасности при выполнении процедуры криоабляции послужило поводом для проведения данного систематического обзора с метаанализом.

Таким образом, целью данного анализа было изучение эффективности и безопасности процедуры криоабляции по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока МК в зависимости от объема нанесения повреждения.

Материалы и методы

Поиск публикаций и отбор исследований. В соответствии с рекомендациями и положениями отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA) был проведен систематический обзор и метаанализ. Поиск был выполнен в электронной базе данных PubMed без ограничений по дате издания и завершён 10 марта 2023 года. Два независимых исследователя провели поиск и отбор исследований, используя поисковые запросы и ключевые слова (в том числе MeSH).

В качестве поисковых запросов в базе данных PubMed были использованы следующие термины: (((mitral valve disease) OR (mitral valve surgery)) AND (cox-maze procedure)) AND (freedom from atrial fibrillation). Любые разногласия между исследователями решались

путем привлечения третьего исследователя. Критерии включения в исследование были определены следующим образом: процедура криоабляции по схеме «лабиринт» должна была быть выполнена у пациентов с сопутствующей патологией митрального клапана, требующей хирургической коррекции. Другими критериями включения были статьи на английском языке, оценка эффективности (свобода от рецидива фибрилляции предсердий в течение 1 года после операции) и безопасности (частота имплантации постоянного электрокардиостимулятора).

Также, были исключены статьи на других языках, описание отдельных случаев, обзоры и мнения авторов, а также исследования, результаты которых опубликованы только в форме тезисов. Приемлемость каждой работы для включения проверялась в 2 этапа: 1) просмотр названия и аннотации и 2) просмотр полного текста.

Извлечение и синтез данных исследований. Для каждого исследования регистрировались следующие данные: первый автор, год публикации, исследуемая популяция, количество случаев, период наблюдения, в качестве проверки эффективности криоабляции использовалась оценка свободы от фибрилляции предсердий через 1 год после операции, а с целью оценки безопасности данной процедуры — частота имплантации постоянного электрокардиостимулятора.

Статистический анализ. При проведении метаанализа данных было использовано программное обеспечение Review Manager 5.4. Для обобщения данных отдельных исследований, учитывая значительную статистическую гетерогенность большинства показателей, была использована модель случайных эффектов. Для расчета процентных долей с 95% доверительными интервалами (ДИ) был применен метод Der Simonian-Laird [10, с. 90]. Результаты метаанализа были представлены в виде блок-диаграммы (forestplot).

Сравнение групп биатриальной и левопредсердной криомодификации было выполнено путем расчета обобщенной частоты патологических состояний с предварительным сложением числа случаев и числа, исследуемых в отдельных публикациях. Далее была проведена оценка статистической значимости различий показателей с помощью критерия хи-квадрата Пирсона и было рассчитано отношение шансов с 95 % ДИ. Различия считались статистически значимыми при значении $p < 0,05$.

Результаты исследования

Первоначальный электронный поиск выявил 59 исследований. Всего после удаления повторяющихся статей, клинических случаев, осталось 26 работ. Два независимых исследователя просмотрели полнотекстовые

варианты оставшихся публикаций и выявили 9 и 12 статей, соответственно. После коллегиального обсуждения и привлечения третьего исследователя в анализ было отобрано 11 статей. Количество пациентов в 11 включенных в анализ работах варьировало от 20 до 371; сроки наблюдения — от 1 года до 5 лет. Был выполнен метаанализ рецидива ФП через 1 год после операции и частоты имплантации постоянного ЭКС. В таблице 1 показана характеристика исследований, включенных в анализ [11, с. 19; 12, с. 1405; 13, с. 235; 14, с. 12; 15, с. 49; 16, с. 89; 17, с. 42; 18, с. 544; 19, с. 56; 20, с. 1535; 21, с. 25].

Рецидив ФП через 1 год после операции. Результаты метаанализа рецидива ФП через 1 год после криоаблации по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана представлены на рисунке 1. В группе биатриальной криоаблации рецидив был зарегистрирован у 401 из 1450 (27,6 %), в группе левопредсердной криоаблации у 290 из 818 (35,4 %). Показатель имел высокую гетерогенность ($I^2=49\%$, $p=0,002$), принимая значения от 24,0 % (Gabriella Voano, 2017) до 81,0 % (Srivastava, 2008).

Частота имплантации постоянного ЭКС. Результаты метаанализа частоты имплантации постоянного ЭКС у пациентов после криоаблации по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана представлены на рисунке 2. В соответствии с полученными данными, частота имплантации постоянного ЭКС в группе биатриальной криоаблации составляла 58 из 1450 случаев (4 %), в группе левопредсердной криоаблации — у 41 из 818 (5 %). Показатель имел низкую гетерогенность ($I^2=0\%$, $p=0,62$), принимая значения от 2,1 % (Kim JB, 2011) до 23,8 % (Gabriella Voano, 2017).

Обсуждение

В нашем систематическом обзоре с метаанализом демонстрируется эффективность и безопасность выполнения биатриальной криоаблации по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана в сравнение с левопредсердным вариантом.

Результаты сопутствующей аблации во время кардиохирургических вмешательств значительно различаются в разных исследованиях по причине различного состава групп пациентов, применяемых линиях поражения, различной комбинации источников энергии и различных подходов к последующей оценке ритма.

По результатам нашего исследования была установлена существенно более высокая частота рецидива ФП в группе левопредсердной криоаблации, по сравнению с биатриальной, что сопоставимо с данными литературы [22, 307; 23, с. 2821]. Вероятность рецидива предсердной аритмии после аблации во время операций на МК колеблется от 61% до 98% через 1 год и от 57% до 89% через 5 лет [24, с. 985; 25, с. 272; 26, с. 410; 27, с. 546; 28, с. 39; 29, с. 301; 30]. Выбор наиболее эффективной схемы хирургической аблации остается сложной задачей для хирургов. Ряд авторов продемонстрировали преимущества биатриальной схемы по сравнению с изолированной левопредсердной для восстановления синусового ритма [31, с. 67; 32; 33, с. 2430]. Однако имеются данные о том, что дополнительные поражения правого предсердия связаны с повышенным риском имплантации постоянного электрокардиостимулятора [32; 33, с. 2428].

Частота имплантации постоянного ЭКС по результатам нашего исследования не отличалась в группах

Таблица 1.

Исследования, включенные в систематический обзор

Автор, год	Кол-во пациентов (n)	Возраст ± SD, лет	Период наблюдения, месяцев	Рецидив ФП через 1 год, %	Частота имплантации ЭКС, %
Gabriella Voano, 2017	50	68±11,3	12	83 %	22 %
Kim JB, 2011	199	56,3±12,0	26	87,4 %	1,5 %
Blackstone, 2019	66	68,2±10,4	12	77 %	1,9 %
Albrecht, 2009	20	51,7±12,4	36	85 %	15 %
Srivastava, 2008	40	37,1±11,1	44	80 %	3 %
Stulak, 2014	256	62±9,1	38	87 %	7 %
Onorati, 2011	109	64±9	30	83 %	4 %
Alexander Bogachev-Prokophiev, 2022	242	54,8±6,2	43,9	79 %	4,9 %
Baek MJ, 2005	63	51,2±12	22,4	80,7 %	1,2 %
Sandro Gelsomino, 2016	371	65±9	58,4	74,9 %	1,8 %
Lindsey L Saint, 2012	99	65±12	12	91 %	11 %

Сокращение: SD — стандартное отклонение, ФП — фибрилляция предсердий, ЭКС — электрокардиостимулятор.

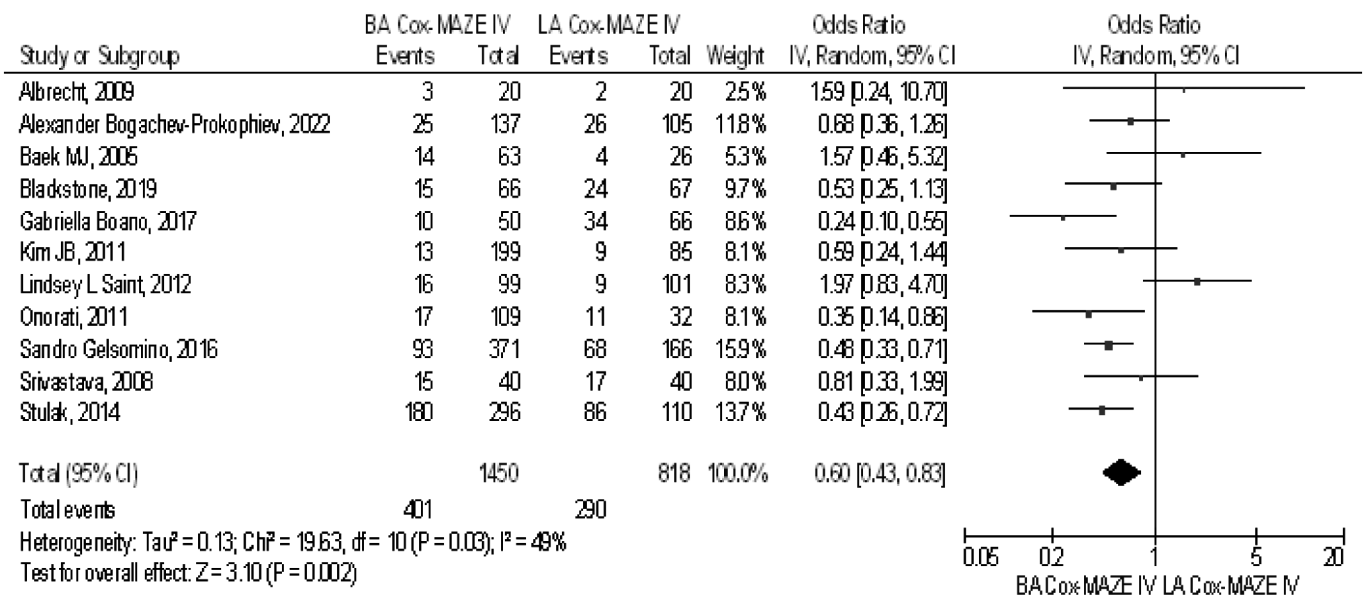


Рис. 1. Метаанализ рецидива ФП через 1 год после биатриальной/левопредсердной криоабляции по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана
Сокращение: ДИ — доверительный интервал

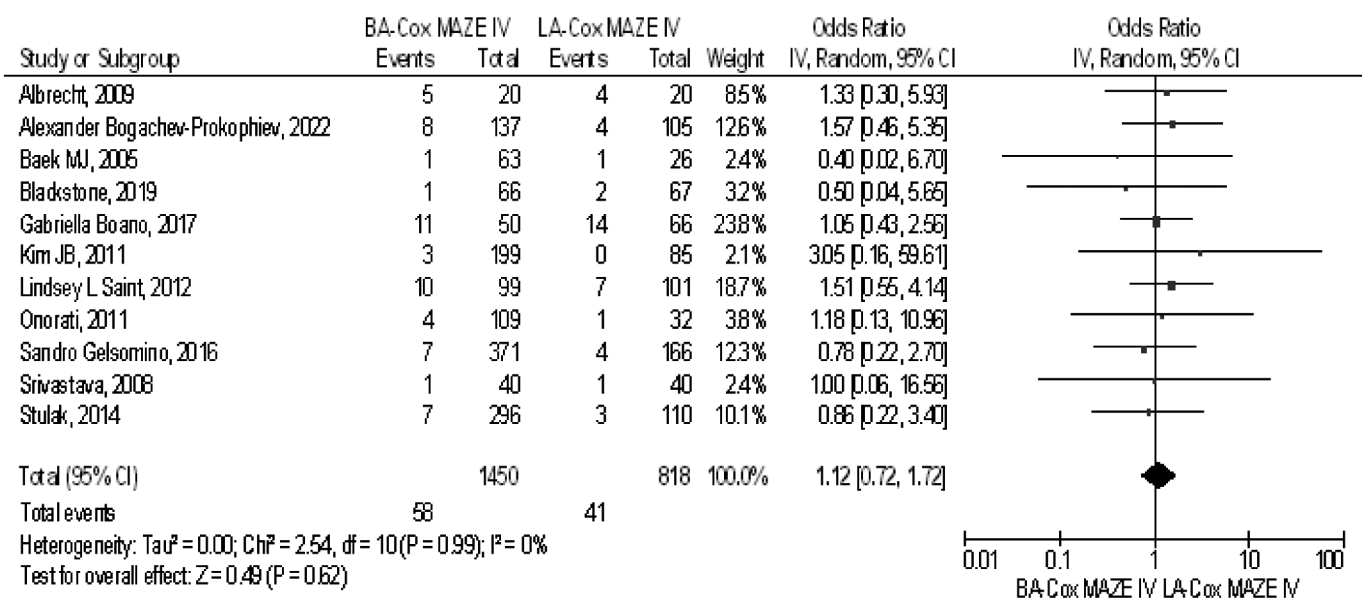


Рис. 2. Метаанализ частоты имплантации ЭКС у пациентов после биатриальной/левопредсердной криоабляции по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана
Сокращение: ДИ — доверительный интервал

в зависимости от схемы повреждения, что сопоставимо с данными литературы [34, с. 740]. Частота имплантации ЭКС в разных литературных источниках колеблется от 5 % до 25 %, при этом наиболее распространенными факторами риска являются биатриальная схема абляции и длительность ФП [33, с. 2427; 35, с. 2155].

По нашему мнению, такой низкий показатель частоты имплантации постоянного ЭКС может быть объяснен накоплением хирургического опыта.

Ограничения исследования. Оценка рецидива ФП через 1 год после операции, с отсутствием оценки в более поздние сроки.

Заключение

Включенные в представленный нами систематический обзор с метаанализом публикации продемонстрировали эффективность и безопасность процедуры биатриальной криоабляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Herrmann HC, Gertz ZM, Silvestry FE, Wiegers SE, Woo YJ, Hermiller J, Segar D, Heimansohn D, Gray W, Homma S, Argenziano M, Wang A, Jollis J, Lampert MB, Alexander J, Mauri L, Foster E, Glower D, Feldman T. Effects of atrial fibrillation on treatment of mitral regurgitation in the EVEREST II (Endovascular Valve Edge-to-Edge Repair Study) randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2012 Apr 3;59(14):1312-9. doi: 10.1016/j.jacc.2011.12.023.
2. James L. Cox, Surgical treatment of atrial fibrillation: a review, *EP Europace*, Volume 5, Issue s1, 2003, Pages S20–S29, <https://doi.org/10.1016/j.eupc.2004.07.004>.
3. Damiano RJ Jr, Schwartz FH, Bailey MS, Maniar HS, Munfakh NA, Schuessler RB. The Cox-Maze IV procedure: predictors of late recurrence. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011; 1141:113 — 21.
4. Phan K, Xie A, Tian DH, Shaikhrezai K, Yan TD. Systematic review and meta-analysis of surgical ablation for atrial fibrillation during mitral valve surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2014 Jan;3(1):3-14. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2014.01.04.
5. Lung B, Vahanian A. Epidemiology of valvular heart disease in the adult. *Nat Rev Cardiol*. 2011 Mar;8(3):162-72. doi: 10.1038/nrcardio.2010.202.
6. Gammie JS, Haddad M, Milford-Beland S, Welke KF, Ferguson TB Jr, O'Brien SM, Griffith BP, Peterson ED. Atrial fibrillation correction surgery: lessons from the Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Database. *Ann Thorac Surg*. 2008 Mar;85(3):909-14. doi: 10.1016/j.athoracur.2007.10.097.
7. von Oppell UO, Masani N, O'Callaghan P, Wheeler R, Dimitrakakis G, Schifffeler S. Mitral valve surgery plus concomitant atrial fibrillation ablation is superior to mitral valve surgery alone with an intensive rhythm control strategy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009 Apr;35(4):641-50. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.12.042.
8. Ad N, Cox JL. Combined mitral valve surgery and the Maze III procedure. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2002 Jul;14(3):206-9. doi: 10.1053/stcs.2002.34395.
9. Wang B, Xu ZY, Han L, Zhang GX, Lu FL, Song ZG. Impact of preoperative atrial fibrillation on mortality and cardiovascular outcomes of mechanical mitral valve replacement for rheumatic mitral valve disease. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013 Mar;43(3):513-9. doi: 10.1093/ejcts/ezs213.
10. Der Simonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Control Clin Trials*. 1986;7(3):177-88. doi:10.1016/0197-2456(86)90046-2
11. Gabriella Boano, Meriam Åström Aneq, Jennie Kemppi, Farkas Vánky. Cox-maze IV cryoablation and postoperative heart failure in mitral valve surgery patients. *Scand Cardiovasc J*. 2017 Feb; 51(1):15-20. doi: 10.1080/14017431.2016.1196827.
12. Kim JB, Bang JH, Jung SH, Choo SJ, Chung CH, Lee JW: Left atrial ablation versus biatrial ablation in the surgical treatment of atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2011, 92: 1397–1404.
13. Blackstone EH, Chang HL, Rajeswaran J, Parides MK, Ishwaran H, Li L, Ehrlinger J, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Argenziano M, DeRose JJ Jr, Couderc JP, Balda D, Dagenais F, Mack MJ, Ailawadi G, Smith PK, Acker MA, O'Gara PT, Gillinov AM; Cardiothoracic Surgical Trials Network Investigators. Biatrial maze procedure versus pulmonary vein isolation for atrial fibrillation during mitral valve surgery: New analytical approaches and end points. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019 Jan;157(1):234-243.e9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.06.093.
14. Albrecht A, Kalil RA, Schuch L, Abrahão R, Sant'Anna JR, de Lima G, Nesralla IA. Randomized study of surgical isolation of the pulmonary veins for correction of permanent atrial fibrillation associated with mitral valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009 Aug;138(2):454-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.04.023.
15. Srivastava V, Kumar S, Javali S, Rajesh TR, Pai V, Khandekar J, Agrawal N, Patwardhan AM. Efficacy of three different ablative procedures to treat atrial fibrillation in patients with valvular heart disease: a randomised trial. *Heart Lung Circ*. 2008 Jun;17(3):232-40. doi: 10.1016/j.hlc.2007.10.003.
16. Stulak JM, Suri RM, Burkhart HM, Daly RC, Dearani JA, Greason KL, Joyce LD, Park SJ, Schaff HV. Surgical ablation for atrial fibrillation for two decades: are the results of new techniques equivalent to the Cox maze III procedure? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014 May;147(5):1478–86. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.084.
17. Onorati F, Mariscalco G, Rubino AS, Serraino F, Santini F, Musazzi A, Klersy C, Sala A, Renzulli A. Impact of lesion sets on mid-term results of surgical ablation procedure for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2011 Feb 22;57(8):931–40. doi: 10.1016/j.jacc.2010.09.055.
18. Bogachev-Prokophiev A, Sharifulin R, Karadzha A, Zheleznev S, Afanasyev A, Ovcharov M, Pivkin A, Zalesov A, Budagaev S, Ivantsov S, Chernyavsky A. Results of concomitant cryoablation for atrial fibrillation during mitral valve surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022 Mar 31;34(4):540-547. doi: 10.1093/icvts/ivab322.
19. Baek MJ, Oh SS, Lee CH, Na CY. Outcome of the modified maze procedure for atrial fibrillation combined with rheumatic mitral valve disease using cryoablation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2005 Apr;4(2):130-4. doi: 10.1510/icvts.2004.103424.
20. Gelsomino S, La Meir M, Van Breugel HN, Renzulli A, Rostagno C, Lorusso R, Parise O, Lozekoot PW, Klop ID, Kumar N, Lucà F, Matteucci F, Serraino F, Santè P, Cacioli S, Vizzardi E, De Jong M, Crijns HJ, Gensini GF, Maessen JG. Surgical ablation in patients undergoing mitral valve surgery: impact of lesion set and surgical techniques on long-term success. *Europace*. 2016 Oct;18(10):1528–1537. doi: 10.1093/europace/euv402.
21. Saint LL, Bailey MS, Prasad S, Guthrie TJ, Bell J, Moon MR, Lawton JS, Munfakh NA, Schuessler RB, Damiano RJ Jr, Maniar HS. Cox-Maze IV results for patients with lone atrial fibrillation versus concomitant mitral disease. *Ann Thorac Surg*. 2012 Mar;93(3):789-94; discussion 794-5. doi: 10.1016/j.athoracur.2011.12.028.
22. Andrade JG, Wells GA, Deyell MW, Bennett M, Essebag V, Champagne J, Roux JF, Yung D, Skanes A, Khaykin Y, Morillo C, Jolly U, Novak P, Lockwood E, Amit G, Angaran P, Sapp J, Wardell S, Lauck S, Macle L, Verma A; EARLY-AF Investigators. Cryoablation or Drug Therapy for Initial Treatment of Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2021 Jan 28;384(4):305–315. doi: 10.1056/NEJMoa2029980.
23. Goff ZD, Laczay B, Yenokyan G, Sivasambu B, Sinha SK, Marine JE, Ashikaga H, Berger RD, Akhtar T, Spragg DD, Calkins H. Heart rate increase after pulmonary vein isolation predicts freedom from atrial fibrillation at 1 year. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019 Dec;30(12):2818-2822. doi: 10.1111/jce.14257.
24. Ad N, Holmes SD, Massimiano PS, Rongione AJ, Fornaresio LM. Long-term outcome following concomitant mitral valve surgery and Cox maze procedure for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018 Mar;155(3):983-994. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.09.147.
25. Marchetto G, Anselmino M, Rovera C, Mancuso S, Ricci D, Antolini M, Morello M, Gaita F, Rinaldi M. Results of Cryoablation for Atrial Fibrillation Concomitant With Video-Assisted Minimally Invasive Mitral Valve Surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2016 Summer;28(2):271–280. doi: 10.1053/j.semthor.2016.04.006.
26. Gillinov AM, Gelijns AC, Parides MK, DeRose JJ Jr, Moskowitz AJ, Voisine P, Ailawadi G, Bouchard D, Smith PK, Mack MJ, Acker MA, Mullen JC, Rose EA, Chang HL, Puskas JD, Couderc JP, Gardner TJ, Varghese R, Horvath KA, Bolling SF, Michler RE, Geller NL, Ascheim DD, Miller MA, Bagiella E, Moquete EG, Williams P, Taddei-Peters WC, O'Gara PT, Blackstone EH, Argenziano M; CTSN Investigators. Surgical ablation of atrial fibrillation during mitral-valve surgery. *N Engl J Med*. 2015 Apr 9;372(15):1399–409. doi: 10.1056/NEJMoa1500528.

27. Vural Ü, Balcı AY, Ağlar AA, Kızılay M. Which Method to Use for Surgical Ablation of Atrial Fibrillation Performed Concomitantly with Mitral Valve Surgery: Radiofrequency Ablation versus Cryoablation. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2018 Nov-Dec;33(6):542–552. Doi: 10.21470/1678-9741-2018-0130.
28. Phan K, Xie A, Tsai YC, Kumar N, La Meir M, Yan TD. Biatrial ablation vs. left atrial concomitant surgical ablation for treatment of atrial fibrillation: a meta-analysis. *Europace.* 2015 Jan;17(1):38–47. doi: 10.1093/europace/euu220.
29. Okada M, Usui A, Sakurai T, Terasawa S, Tsunekawa T, Eda T, Araki Y, Mizutani S, Narita Y, Oshima H, Ueda Y. [Comparative study between cryoablation and radiofrequency ablation for surgical intervention of atrial fibrillation associated with mitral valve disease]. *Kyobu Geka.* 2010 Apr;63(4):297–302.
30. Gatti G, Fiorica I, Dell'Angela L, Morosin M, Faganello G, Cappelletto C, Pagura L, Ceschia A, Piazza R, Pappalardo A. Isolated left atrial cryoablation of atrial fibrillation in conventional mitral valve surgery. *Int J Cardiol Heart Vasc.* 2020 Oct 16;31:100652. doi: 10.1016/j.ijcha.2020.100652.
31. Onorati F, Mariscalco G, Rubino AS, Serraino F, Santini F, Musazzi A, Klersy C, Sala A, Renzulli A. Impact of lesion sets on mid-term results of surgical ablation procedure for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2011 Feb 22;57(8):931–40. doi: 10.1016/j.jacc.2010.09.055.
32. Li H, Lin X, Ma X, Tao J, Zou R, Yang S, Liu H, Hua P. Biatrial versus Isolated Left Atrial Ablation in Atrial Fibrillation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2018 Apr 29;2018:3651212. doi: 10.1155/2018/3651212.
33. DeRose JJ Jr, Mancini DM, Chang HL, Argenziano M, Dagenais F, Ailawadi G, Perrault LP, Parides MK, Taddei-Peters WC, Mack MJ, Glower DD, Yerokun BA, Atluri P, Mullen JC, Puskas JD, O'Sullivan K, Sledz NM, Tremblay H, Moquete E, Ferret BS, Moskowitz AJ, Iribarne A, Gelijs AC, O'Gara PT, Blackstone EH, Gillinov AM; CTSN Investigators. Pacemaker Implantation After Mitral Valve Surgery With Atrial Fibrillation Ablation. *J Am Coll Cardiol.* 2019 May 21;73(19):2427–2435. doi: 10.1016/j.jacc.2019.02.062.
34. Bogachev-Prokophiev AV, Afanasyev AV, Pivkin AN, Ovcharov MA, Zheleznev SI, Sharifulin RM, Karaskov AM. A left atrial versus a biatrial lesion set for persistent atrial fibrillation ablation during open heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Oct 1;54(4):738–744. doi: 10.1093/ejcts/ezy126.
35. Cappabianca G, Ferrarese S, Tutino C, Corazzari C, Matteucci M, Mantovani V, Musazzi A, De Ponti R, Beghi C. Safety and efficacy of biatrial vs left atrial surgical ablation during concomitant cardiac surgery: A meta-analysis of clinical studies with a focus on the causes of pacemaker implantation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2019 Oct;30(10):2150–2163. doi: 10.1111/jce.14117.

© Комаров Роман Николаевич (komarovroman@rambler.ru); Нуждин Михаил Дмитриевич (mikhailnuzhdin@hotmail.ru);
Мацуганов Денис Алексеевич (denmacug@yandex.ru); Быстров Дмитрий Олегович (dr.byistrov@gmail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КРИОАБЛАЦИЯ КАВОТРИКУСПИДАЛЬНОГО ПЕРЕШЕЙКА КАК ОДИН ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ЭТАПОВ ПРОЦЕДУРЫ «ЛАБИРИНТ»

CAVOTRICUSPID ISTHMUS CRYOABLATION IS AS ONE OF THE MAIN STAGE FOR THE COX-MAZE PROCEDURE

**R. Komarov
M. Nuzhdin
D. Matsuganov
D. Bystrov**

Summary. Atrial flutter (Afl) is one of the most common arrhythmias, second after atrial fibrillation (AF). The «gold standard» of Afl treatment is radiofrequency ablation of the cavotricuspid isthmus (CTI). However, that is not possible in patients with AF and mitral valve disease who require open combined surgery. So, the aim of this work is to evaluate the effectiveness of performing cryoablation line on CTI as one of the stages of the «Cox-MAZE» procedure as a method of treating and preventing the development of Afl.

Aim. To evaluate the effectiveness of performing cryoablation line on CTI as one of the stages of the «Cox-MAZE» procedure as a method of treating and preventing the development of Afl.

Methods. During the period from January 2019 to December 2022, based on the Department of Cardiac Surgery of the Chelyabinsk Regional Clinical Hospital, 49 patients, with mitral valve disease and AF, who underwent biatrial Cox-maze cryoablation procedure and mitral valve surgery. Afl before surgery occurred in 16 (32.7 %) patients. The primary endpoint was the assessment of the development of Afl in the postoperative period. Secondary endpoints were the development of complications in the early postoperative period (need a permanent pacemaker, stroke, surgical infection, myocardial infarction, mortality).

Results. The LA dimension was 5.4 [5.0–5.6] cm. and the RA was 5.7 [5.2–6.4] cm. The aortic cross clamping and cardiopulmonary bypass were 148 [132–164] and 190 [170–206] minutes, respectively. The ablation time for all lines was 11.0 [9.5–13.0] minutes. Sinus rhythm before discharge was restored in 46 (93.9 %) patients. Afl developed in 6 (12.2 %) patients in the early postoperative period. The need a permanent pacemaker — 2 (4.08 %) cases.

Conclusion. According to the results of our study, the effectiveness of performing an ablation line on CTI was demonstrated. The incidence of Afl in the postoperative period was 6.8 %, and for those who did not undergo a line for CTI, 60.0 % ($p=0.01$). The chances of developing Afl in patients with the performance this line were 20.4 times lower than in patients without line on CTI (95 % CI: 2.42–166.6). There were no statistically significant differences dependence on the atrial flutter development in the postoperative period from tricuspid valve repair ($p=0.97$).

Keywords: atrial flutter, atrial fibrillation, cavotricuspid isthmus cryoablation, Cox-maze procedure.

Комаров Роман Николаевич

Доктор медицинских наук, профессор,
директор клиники аортальной и сердечно-сосудистой
хирургии, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России

komarovroman@rambler.ru

Нуждин Михаил Дмитриевич

Кандидат медицинских наук,
врач-сердечно-сосудистый хирург,
Заведующий кардиохирургическим отделением,
ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»
mikhailnuzhdin@hotmail.ru

Мацуганов Денис Алексеевич

Врач-сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического
отделения ГБУЗ «Челябинская областная
клиническая больница»

denmacug@yandex.ru

Быстров Дмитрий Олегович

Кандидат медицинских наук,
врач-сердечно-сосудистый хирург
кардиохирургического отделения,
ГБУЗ Архангельской области «Первая городская
клиническая больница им. Е.Е. Волосевич»
dr.bystrov@gmail.ru

Аннотация. Трепетание предсердий (ТП) одно из наиболее часто встречаемых нарушений ритма сердца, которое уступает по частоте лишь фибрилляции предсердий (ФП). «Золотой стандарт» лечения ТП — радиочастотная абляция кавотрикуспидального истмуса (КТИ). Однако, это невозможно у пациентов с наличием ФП и пороком митрального клапана, которые требуют открытого сочетанного хирургического вмешательства. Учитывая вышеизложенное, цель данной работы — провести оценку эффективности выполнения криоабляционной линии на КТИ как одного из этапов процедуры «лабиринт» в качестве метода лечения и профилактики развития ТП. *Цель.* Провести анализ эффективности выполнения криоабляционной линии на КТИ как одного из этапов процедуры «лабиринт» в качестве метода лечения и профилактики развития ТП в послеоперационном периоде. *Методы.* За период с января 2019 года по декабрь 2022 года в кардиохирургическом отделении Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Челябинская областная клиническая больница» 49 пациентам с патологией митрального клапана и фибрилляцией предсердий, которым была выполнена процедура биатриальной криоабляции по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана. Типичное ТП на дооперационном этапе встречалось у 16 (32,7 %) пациентов. Первичная конечная точка — оценка развития ТП в послеоперационный период. Вторичные конечные точки — развитие осложнений в раннем послеоперационном периоде (потребность в постоянном ЭКС, острое нарушение мозгового кровообращения, хирургическая инфекция, инфаркт миокарда, летальность). *Результаты.* Средний размер ЛП составил 5,4 [5,0–5,6] сантиметров, а ПП — 5,7 [5,2–6,4] сантиметров. ВПА и ВИК составило 148 [132–164] и 190 [170–206] минут соответственно. Среднее время экспозиции всех линий — 11,0 [9,5–13,0] минут. Синусовый ритм на момент выписки вос-



Введение

Фибрилляция предсердий является независимым предиктором заболеваемости и смертности терапевтических и хирургических больных [1, с. 504]. По рекомендациям ACC/AHA/HRS Guideline for the Management of Adult Patients With Supraventricular Tachycardia 2015 года в лечении трепетания предсердий (ТП), методом выбора считается катетерная абляция кавотрикуспидального истмуса (КТИ) с высокой эффективностью, частота которой колеблется в диапазоне от 89 до 95 %, достигая 100% при проведении повторных процедур. Однако, после первичной процедуры существует умеренный риск развития рецидива, который обусловлен двумя важными факторами: недостаточное время экспозиции и, как следствие, не достижение полной трансмуральности [2, с. 500].

Более того, частота возникновения рецидива ТП после радиочастотной абляции (РЧА) суправентрикулярных тахикардий изучена недостаточно [3, с. 582]. Стоит также подчеркнуть, что у пациентов с пороками митрального клапана, фибрилляция предсердий (ФП) и ТП встречается чаще, чем в общей популяции [4, с. 55]. Пациентам данной категории необходимо открытое сочетанное хирургическое лечение, которое имеет неоспоримое преимущество перед другими интервенционными методами восстановления ритма, что играет важную роль в повышении показателей выживаемости и качества жизни пациентов. Методика криоабляции по схеме «лабиринт» высоко зарекомендовала себя, показав свою высокую эффективность и безопасность [5, с. 70]. Однако, эффективность криоабляции КТИ во время процедуры «лабиринт» изучено недостаточно.

Гипотеза исследования заключается в том, что нанесение криоабляционной линии на КТИ является определяющей в процедуре биатриальной криоабляции по схеме «лабиринт» как метод лечения и профилактики развития ТП в послеоперационном периоде. Поэтому целью настоящего исследования является провести ана-

становлен у 46 (93,9 %) пациентов. Трепетание предсердий развилось у 6 (12,2 %) пациентов в раннем послеоперационном периоде. Необходимость в имплантации в постоянного ЭКС — 2 (4,08 %) случая. *Заключение.* По результатам нашего исследования продемонстрирована эффективность выполнения абляционной линии на КТИ. Частота развития ТП в послеоперационном периоде составила 6,8 %, а тем, кому не выполнялась линия на КТИ 60,0 % ($p=0,01$). Шансы развития ТП у пациентов с выполнением данной линии были в 20,4 раза ниже, чем при отсутствии выполнения линии на КТИ (95 % ДИ: 2,42–166,6). Не было получено статистически значимых различий зависимости развития ТП в послеоперационном периоде от вмешательства на ТК ($p=0,97$).

Ключевые слова: трепетание предсердий, фибрилляция предсердий, криоабляция кавотрикуспидального перешейка, процедура «лабиринт».

лиз эффективности выполнения криоабляционной линии на КТИ как одного из этапов процедуры «лабиринт» в качестве метода лечения и профилактики развития ТП в послеоперационном периоде.

Материалы и методы

За период с января 2019 года по декабрь 2022 года в кардиохирургическом отделении Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Челябинская областная клиническая больница» 49 пациентам с патологией митрального клапана и фибрилляцией предсердий, была выполнена процедура биатриальной криоабляции по схеме «лабиринт» в сочетании с коррекцией порока митрального клапана. Верификация ТП на дооперационном этапе проводилась на основании 72-х часового холтеровского мониторирования ЭКГ, где на фоне ФП регистрировались пароксизмы ТП длительностью до 70 в минуту. ТП на дооперационном этапе встречалось у 16 (32,7 %) пациентов. Первичная конечная точка — оценка развития ТП в послеоперационный период. Вторичные конечные точки — развитие осложнений в раннем послеоперационном периоде (острое нарушение мозгового кровообращения, хирургическая инфекция, инфаркт миокарда, летальность). Критериями включения были: возраст старше 18 лет; значимый порок митрального клапана, требующий хирургической коррекции; непароксизмальные формы ФП.

Критериями исключения были: пациенты с поражением коронарных артерий; повторный характер вмешательства; сопутствующее поражение аортального клапана; расширение восходящего отдела аорты; поражение артерий верхних и нижних конечностей, артерий шеи; аневризма левого желудочка; малоинвазивное вмешательство на митральном клапане; сниженная фракция выброса левого желудочка (менее 40%).

Особенности нанесения криоабляционных линий на правом предсердии. Использовался криоабляционный зонд 10S Cardioblate CryoFlex (Medtronic Inc.). Доступ

к правому предсердию (ПП) перпендикулярно пограничной борозде, не доходя 1–1,5 см. Абляция ПП выполнялась на параллельном искусственном кровообращении и включала в себя следующие последовательные линии: на кольцо трикуспидального клапана на 11 и 13 часов условного циферблата, к верхней и нижней полым венам, на КТИ. Длительность экспозиции каждой линии 1,5 минуты. Всем пациентам выполнена аннулопластика трикуспидального клапана по ДеВега.

Статистическая обработка. В рамках исследования были произведены статистические вычисления на основе материалов, полученных в ходе исследования. Обработка данных и их систематизация была осуществлена в программе Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ был проведен с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.26, разработанного компанией IBM Corporation.

Для оценки количественных показателей был применен критерий Шапиро-Уилка, при числе исследуемых объектов менее 50, с целью проверки на соответствие нормальному распределению. Также были рассмотрены показатели асимметрии и эксцесса.

В случае отклонения показателей от нормального распределения, их совокупности были описаны с использованием медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Номинальные показатели были описаны с помощью абсолютных значений и процентных долей.

Для сравнения относительных показателей был использован показатель отношения шансов (ОШ), который определяется как отношение вероятности наступления события в группе, подвергнутой воздействию фактора риска, к вероятности наступления события в контрольной группе.

Для оценки показателей, связанных совокупностей, был использован тест МакНемара. Значения критерия МакНемара Q были интерпретированы путем сравнения с критическими значениями.

Результаты

Средний возраст пациентов составил 62 [55–67] года. Длительность ФП составила 13 [7–40] месяцев. ТП до операции встречалось у 16 (32,7 %) пациентов. Размер ЛП составил 5,4 [5,0–5,6] сантиметров, а ПП — 5,7 [5,2–6,4] сантиметров. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Протезирование митрального клапана, как метод коррекции клапанной патологии выполнялась чаще — 28 (57,1 %) пациентов, чем его пластика — 21 (42,9 %) пациент. Пластика ТК выполнена в 33 (67,3 %) случаях.

Резекция ушка ЛП выполнена в 40 (81,6 %) случаях, с целью профилактики тромбообразования. Среднее время экспозиции всех линий — 11,0 [9,5–13,0] минут. Характеристика интраоперационного этапа представлена в таблице 2.

Таблица 1.

Клиническая характеристика пациентов на дооперационном этапе

Показатель	Результат
Возраст, полных лет, Me [Q1–Q3]	62 [55–67]
Мужчин, абс. (%)	23 (46,9 %)
Женщин, абс. (%)	26 (53,1 %)
ИМТ, кг/м ² , Me [Q1–Q3]	27,7 [24,2–31,5]
Риск EuroScoreII, баллов, Me [Q1–Q3]	2,9 [2,2–4,2]
Длительность ФП, месяцев, Me [Q1–Q3]	13 [7–40]
Срок наблюдения, дней, Me [Q1–Q3]	14,1 [7,0–33,3]
Пароксизмы трепетания предсердий, абс. (%)	16 (32,7 %)
Форма ФП:	
— персистирующая, абс. (%)	21 (42,9 %)
— длительно персистирующая, абс. (%)	28 (57,1 %)
Размер ЛП, сантиметров, Me [Q1–Q3]	5,4 [5,0–5,6]
Индекс ОЛП, мл/м ² , Me [Q1–Q3]	56 [47–73]
Фракция выброса ЛЖ, %, Me [Q1–Q3]	63 [56–66]
СДПЖ, мм рт.ст., Me [Q1–Q3]	52 [45–60]
КДР ЛЖ, сантиметров, Me [Q1–Q3]	5,7 [5,2–6,1]
КСР ЛЖ, сантиметров, Me [Q1–Q3]	3,8 [3,4–4,0]
Размер ПП, сантиметров, Me [Q1–Q3]	5,7 [5,2–6,4]

Примечание: М — среднее арифметическое значение, SD — стандартное отклонение, Me — медиана, Q1–Q3 — интерквартильный размах от 1-го до 3-го квартилей, EuroScoreII — система для оценки риска неблагоприятного исхода при кардиохирургических операциях.

Сокращение: ИМТ — индекс массы тела, ФП — фибрилляция предсердий, ЛП — левое предсердий, ОЛП — объем левого предсердия, ЛЖ — левый желудочек, СДПЖ — систолическое давление правого желудочка, КДР ЛЖ — конечно-диастолический размер левого желудочка, КСР ЛЖ — конечно-систолический размер левого желудочка, ПП — правое предсердие.

Дренажные потери за 1-е сутки составили [300–410] мл. Время искусственной вентиляции легких (ИВЛ) — 8 [6–11] часов. Синусовый ритм на момент выписки восстановлен у 46 (93,9 %) пациентов.

ТП развилось у 6 (12,2 %) пациентов в раннем послеоперационном периоде. Осложнениями раннего послеоперационного периода были: почечная недоста-

точность — 1 (2,04 %) случай, потребность в постоянном ЭКС — 2 (4,08 %) случая. Летальных исходов, острых нарушений мозгового кровообращения, рестернотомий по поводу кровотечения или нагноения и инфарктов миокарда не было отмечено. Характеристика раннего послеоперационного периода представлена в таблице 3.

Таблица 2.
Характеристика интраоперационного этапа

Показатель	Результат
Вмешательства на МК:	
— протезирование МК, абс. (%)	28 (57,1 %)
— пластика МК, абс. (%)	21 (42,9 %)
Пластика ТК, абс. (%)	33 (67,3 %)
ВПА, минут, Ме [Q1–Q3]	148 [132–164]
ВИК, минут, Ме [Q1–Q3]	190 [170–206]
Резекция ушка ЛП, абс. (%)	40 (81,6 %)
Время процедуры аблации, Ме [Q1–Q3]	11,0 [9,5–13,0]

Примечание: М — среднее значение, SD — стандартное отклонение, Ме — медиана, Q1–Q3 — интерквартильный размах от 1-го до 3-го квартилей.

Сокращение: МК — митральный клапан, ТК — трикуспидальный клапан, ВПА — время пережатия аорты, ВИК — время искусственного кровообращения, ЛП — левое предсердие, абс. — абсолютное значение.

Таблица 3.
Характеристика раннего послеоперационного периода

Показатель	Результат
Дренажные потери за 1-е сутки, мл, Ме [Q1–Q3]	350 [300–410]
Время ИВЛ, часов, Ме [Q1–Q3]	8 [6–11]
Длительность временной ЭКС, суток, Ме [Q1–Q3]	3 [2–6]
Синусовый ритм на момент выписки, абс. (%)	46 (93,9 %)
Почечная недостаточность, абс. (%)	1 (2,04 %)
Потребность в постоянном ЭКС, абс. (%)	2 (4,08 %)
Трепетание предсердий, абс. (%)	6 (12,2 %)

Примечание: М — среднее значение, SD — стандартное отклонение, Ме — медиана, Q1–Q3 — интерквартильный размах от 1-го до 3-го квартилей.

Сокращение: ИВЛ — искусственная вентиляция легких, ЭКС — электрокардиостимулятор, абс. — абсолютное значение.

Далее, с целью оценки влияния выполнения криоабляционной линии на КТИ, изучали изменения частоты случаев ТП до и после лечения с помощью теста МакНемара (таблица 4).

Таблица 4.

Изменение случаев ТП до и после лечения

Заболевание	Этапы наблюдения		P
	До операции	После операции	
ТП	16/49 (32,7 %)	6/49 (12,2 %)	0,01*

Примечание: * — различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Сокращение: ТП — трепетание предсердий.

Было установлено статистически значимое снижение частоты ТП в результате лечения — с 33,7 % до 12,2 % соответственно (p=0,01).

Для подтверждения результатов теста МакНемара, нами был использован показатель отношения шансов (ОШ) для сравнения частоты случаев ТП в зависимости от выполнения линии на КТИ (таблица 5).

Таблица 5.

Сравнение частоты ТП в зависимости от выполнения линии на КТИ

Заболевание	Выполнялась линия на КТИ (n=44)		Не выполнялась линия на КТИ (n=5)		P	ОШ; 95% ДИ
	Абс.	%	Абс.	%		
ТП	3	6,8	3	60,0	0,01*	20,4; 2,42–166,6

Примечание: * — различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Сокращение: ТП — трепетание предсердий, КТИ — катрикуспидальный истмус, ОШ — отношение шансов, ДИ — доверительный интервал, Абс. — абсолютное значение.

В соответствии с полученными данными, частота ТП была статистически значимо выше в группе пациентов с невыполнением линии на КТИ по сравнению с группой пациентов с данной линией (p=0,01). Шансы развития ТП у пациентов с выполнением данной линии были в 20,4 раза ниже, чем при отсутствии выполнения линии на КТИ (95% ДИ: 2,42–166,6). Связь между признаками была относительно сильная (V = 0,491).

По окончании нашего анализа, мы провели оценку связи развития ТП в раннем послеоперационном периоде в зависимости от выполнения аннулопластики ТК. Данные представлены в таблице 6.

При сравнении частоты ТП в зависимости от выполнения вмешательства на ТК не было получено статистически значимой разницы (p=0,97).

Таблица 6.

Сравнение частоты ТП в зависимости от выполнения вмешательства на ТК

Заболевание	Выполнялась пластика ТК (n=33)		Не выполнялась пластика ТК (n=16)		P
	Абс.	%	Абс.	%	
ТП	4	12,1	2	12,5	0,97

Сокращение: ТП — трепетание предсердий, ТК — трикуспидальный клапан, Абс. — абсолютное значение.

Обсуждение

Множество исследований показывают, что КТИ играет критическую роль в поддержании ТП и содержит в себе зону замедленного проведения [6, с. 54]. КТИ является мишенью для интервенционных кардиологов во время проведения РЧА при лечении трепетания предсердий [7, с. 35]. В то же время, структурные изменения могут поддерживать фибрилляцию предсердий, которая часто сопровождается ТП. Так, Celikyurt и соавт. провели исследование, в котором сравнили две группы, которые перенесли катетерную абляцию КТИ: группа с ТП и группа с ТП и ФП. По данным отдаленного периода рецидив развивался у 22 % больных 1-й группы и у 43 % пациентов 2-й группы со статистически значимой разницей ($p < 0,001$) [8, с. 4].

Безусловно, встает вопроса о факторах риска, которые могут вносить вклад в развитие рецидива, однако, по данным литературы, их влияние носит противоречивый характер. Так, Lee и соавт. обнаружили, что единственным независимым предиктором был индекс объема ЛП [9, с. 89]. В свою очередь, Ellis и соавт. определили, что размер ЛП и фракция выброса ЛЖ связаны

с высокой частотой рецидива ФП и ТП, но не получили статистически значимой разницы [10, с. 801]. Chinitz и соавт. не получили статистически значимого влияния возраста, артериальной гипертензии, размера ЛП, систолической дисфункции ЛЖ или структурного заболевания сердца на риск рецидива [11, с. 50]. Таким образом, влияние факторов риска до конца не изучено и требует их детальной проработки.

В нашем исследовании проводилась оценка эффективности выполнения криоабляционной линии на КТИ. Согласно полученным результатам, у пациентов, которым выполнялась линия на КТИ частота развития ТП в послеоперационном периоде составила 6,8 %, а тем, кому не выполнялась 60,0 % ($p=0,01$). Таким образом, шансы развития ТП у пациентов с выполнением данной линии были в 20,4 раза ниже, чем при отсутствии выполнения линии на КТИ (95 % ДИ: 2,42–166,6). Связь между признаками была относительно сильная ($V = 0,491$). Эти данные были подтверждены статистически значимой разницей в наличие ТП до и после оперативного вмешательства соответственно ($p=0,01$).

Заключение

По результатам нашего исследования продемонстрирована эффективность выполнения абляционной линии на КТИ. Частота развития ТП в послеоперационном периоде составила 6,8 %, а тем, кому не выполнялась линия на КТИ 60,0% ($p=0,01$). Шансы развития ТП у пациентов с выполнением данной линии были в 20,4 раза ниже, чем при отсутствии выполнения линии на КТИ (95 % ДИ: 2,42–166,6). Не было получено статистически значимых различий зависимости развития ТП в послеоперационном периоде от вмешательства на ТК ($p=0,97$).

ЛИТЕРАТУРА

- Asvestas D, Sousonis V, Kotsovolis G, Karanikas S, Xintarakou A, Sakadakis E, Rigopoulos AG, Kalogeropoulos AS, Vardas P, Tzeis S. Cavotricuspid isthmus ablation guided by force-time integral — A randomized study. Clin Cardiol. 2022 May;45(5):503–508. doi: 10.1002/clc.23805.
- Page RL, Joglar JA, Caldwell MA, Calkins H, Conti JB, Deal BJ, Estes NA 3rd, Field ME, Goldberger ZD, Hammill SC, Indik JH, Lindsay BD, Olshansky B, Russo AM, Shen WK, Tracy CM, Al-Khatib SM; Evidence Review Committee Chair#. 2015 ACC/AHA/HRS Guideline for the Management of Adult Patients With Supraventricular Tachycardia: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. Circulation. 2016 Apr 5;133(14):e471–505. doi: 10.1161/CIR.0000000000000310.
- Varela DL, Rosenberg MA, Borne RT, Sandhu A, Zipse MM, Tzou WS, Sauer WH, Scheinman MM, Nguyen DT. Increased incidence of cavotricuspid isthmus atrial flutter following slow pathway ablation. J Interv Card Electrophysiol. 2022 Apr;63(3):581–589. doi: 10.1007/s10840-021-01065-0.
- Lee R., McCarthy P.M., Wang E.C., Vaduganathan M., Kruse J., Malaisrie S.C., McGee E.C. Jr. Midterm survival in patients treated for atrial fibrillation: a propensity-matched comparison to patients without a history of atrial fibrillation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2012; 143 (6): 1341–51. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2012.02.006.
- Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д. Лечение фибрилляции предсердий. Часть I. Долгий путь к «золотому стандарту». Анналы аритмологии. 2014; 11 (2): 64–76. DOI: 10.15275/annaritm.2014.2.1 [Bockeria L.A., Shengelia L.D. Treatment of atrial fibrillation. Part I. Long way to the gold standart. Annaly Aritmologii (Annals of Arrhythmology). 2014; 11 (2): 64–76 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritm.2014.2.1].
- Olshansky B., Okumura K., Hess P.G., Waldo A.L. Demonstration of an area of slow conduction in atrial flutter. J. Am. Coll. Cardiol. 1990; 16 (7): 1639–48.
- Marcos-Alberca P., Sánchez-Quintana D., Cabrera J.A., Farré J., Rubio J.M., de Agustín J.A. et al. Two-dimensionalechocardiographic features of the inferior right atrial isthmus: the role of vestibular thickness in catheter ablation of atrial flutter. Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. 2014; 15 (1): 32–40. DOI: 10.1093/ehjci/jet112.

8. Celikyurt U., Knecht S., Kuehne M., Reichlin T., Muehl A., Spies F. Incidence of new-onset atrial fibrillation after cavotri-cuspid isthmus ablation for atrial flutter. *Europace*. 2017; 0: 1–5. DOI: 10.1093/europace/euw343
9. Lee YS, Hyun DW, Jung BC, Cho YK, Lee SH, Shin D Get al.; KTK Cardiac Electro-physiology Working Group. Left atrial volume index as a predictor for occurrence of atrial fibrillation after ablation of typical atrial flutter. *J Cardiol* 2010; 56:348–53.
10. Ellis K, Wazni O, Marrouche N, Martin D, Gillinov M, McCarthy P et al. Incidence of atrial fibrillation post-cavotricuspid isthmus ablation in patients with typical atrial flutter: left-atrial size as an independent predictor of atrial fibrillation recurrence. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2007; 18:799–802
11. Chinitz JS, Gerstenfeld EP, Marchlinski FE, Callans DJ. Atrial fibrillation is common after ablation of isolated atrial flutter during long-term follow-up. *Heart Rhythm* 2007; 4:1029–33.

© Комаров Роман Николаевич (komarovroman@rambler.ru); Нуждин Михаил Дмитриевич (mikhailnuzhdin@hotmail.ru);
Мацуганов Денис Алексеевич (denmacug@yandex.ru); Быстров Дмитрий Олегович (dr.bystrov@gmail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕОБХОДИМОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРВОГО МОЛЯРА ПОСЛЕ ДЕПУЛЬПИРОВАНИЯ ПУТЕМ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫМИ КОРОНКАМИ

THE NECESSITY OF INDIRECT RESTORATION OF THE FIRST MOLARS AFTER DEPULPATION

**O. Kostenko
S. Kungurov
E. Glugovskaya**

Summary. This article describes the necessity of indirect restorations of the first molar, with consideration of the peculiarities of the masticatory muscles and changes in the tooth structure after depulpation. In order to investigate the necessity of prosthesis with artificial crowns the radiological data and researches of domestic and foreign scientists in the sphere of orthopedic treatment of the depulped first molar are analyzed.

Keywords: depulped tooth, indirect restoration.

Костенко Оксана Юрьевна

*К.м.н, доцент, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого
burckut2016@yandex.ru*

Кунгуров Сергей Викторович

*К.м.н, доцент, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого
Kungur-s-v@mail.ru*

Глуговская Екатерина Максимовна

*Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого
kate_glug@mail.ru*

Аннотация: в данной статье рассматривается необходимость постановки не прямой реставрации на первый моляр, учитывая особенности жевательной мускулатуры, изменения строения зуба после депульпирования. Анализируются рентгенологические данные и исследования отечественных и зарубежных ученых в направлении ортопедического лечения депульпированного первого моляра, с целью выявления необходимости протезирования его искусственными коронками.

Ключевые слова: депульпированный зуб, не прямая реставрация.

Актуальность

Депульпирование — это процедура, при которой удаляется пульпа зуба. Эта процедура может быть необходима в случае глубокой пораженности зуба кариесом, травмы или других причин. После депульпации зуб становится более хрупким и склонным к ломкости. Поэтому, для восстановления функции и эстетики зубной дуги, часто применяется протезирование таких зубов искусственными коронками

Проблема:

Когда зуб становится сильно поврежденным, его пульпа может быть удалена в процессе депульпации. После этого зуб становится хрупким и требует реставрации. Самый распространенный и менее дорогостоящий вариант восстановления депульпированных зубов — композитная реставрация. Однако, поскольку перед развитием пульпита у моляров, образуется кариозный процесс, который только с течением времени доходит до пульповой камеры, и как правило он имеет обширную полость поражения коронковой части зуба. Вследствие чего, данный вид выставления утраченной полости в большинстве случаев не эффективен. [4]

Цель настоящего исследования

Выявить необходимость постановки не прямой реставрации (протезирование искусственными коронками) на депульпированный первый моляр.

Как уже было сказано выше, есть несколько показаний для депульпирования зуба, самым частым из которых является проникновение кариозной инфекции к пульпе зуба, вызывая ее воспаление. Но нужно понимать, что перед тем, как инфекция опустится до канала зуба, она будет поражать его коронковую часть. В большинстве случаев, кариозный процесс, в ходе своего развития, значительно распространяется по окклюзионной поверхности. Вследствие этого, при препарировании пораженных тканей, образуется обширная полость, которую, после пломбирования канала, необходимо будет закрыть.

В настоящее время для определения необходимости установления ортопедической конструкции на депульпированный зуб является индекс Миликевича.

Для определения данного индекса автор использовал стандартную прозрачную пластинку с нанесенной

миллиметровой сеткой и гипсовую модель челюсти. Прозрачную пластинку накладывают на гипсовую диагностическую модель челюсти, к окклюзионной поверхности зуба с дефектом и определяют площадь окклюзионной поверхности и дефекта. В зависимости от этого соотношения определяются показания к замещению дефектов твердых тканей коронки зуба различными видами ортопедических конструкций.

Для расчета индекса Миликевича необходимо площадь полости/пломбы разделить на площадь окклюзионной поверхности коронковой части зуба. Если показатель превышает 0,4 — необходимо закрывать такой зуб искусственной коронкой. [3]

Однако, стоит также обратить внимание на так называемый «эффект рычага».

После препарирования пораженных тканей зуба 1 и 2 класса по Блэку, образуется прямоугольная/квадратная полость. Если схематически нарисовать такой зуб, то мы увидим, что вертикальная линия от устья канала до тканей собственного зуба в 3–4 раза превышает линию, которую можно провести от устья до латеральной/медиальной точки пришеечной части зуба. Таким образом образуется некий «рычаг». [1]

Если мы обратимся к законам физики, то станет ясно, что при совершении жевательных разновекторных движениях зубов антагонистов, стенка такого зуба может сколоться, что приведет к нарушению герметичности полости. В худшем случае уровень скола будет ниже уровня десны. При такой клинической картине данный зуб целесообразно будет удалить.

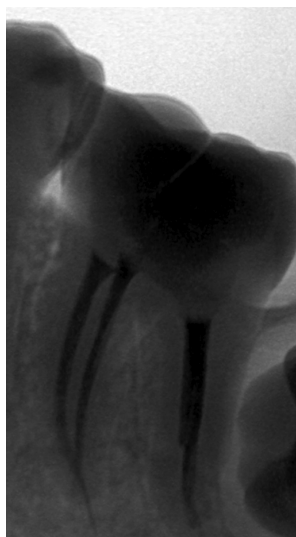


Рис. 1.



Рис. 2.

Особенно важно это учитывать, когда пораженная кариесом полость относится ко 2 классу по Блэку. При сохранении одной стенки собственных тканей зуба, на нее

увеличивается нагрузка при акте жевания, что увеличивает вероятность ее скола.



Рис. 3.



Рис. 4.

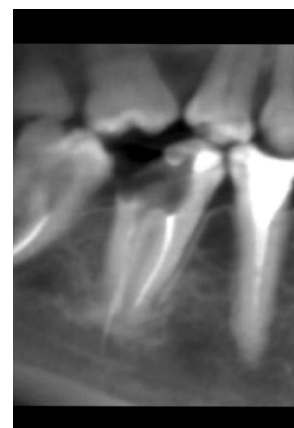


Рис. 5.

Анализируя рентгенологические снимки, мы видим, что депульпированные зубы с кариозной полостью по 1 и 2 классу Блэка с ИРОПЗ 0,3 так же подвержены скалыванию стенки.

Из анамнеза данных пациентов: «Зуб сколол когда пережевывал пищу и зуб на зуб не попал». То есть при небольшом изменении физиологического движения нижней челюсти, депульпированные моляры ИРОПЗ 0,3 так подвержены сколу, несмотря на большую толщину собственных тканей зуба по контактным поверхностям.

Не стоит забывать и о мышцах височно-нижнечелюстного сустава. В акте жевания участвуют три мышцы: temporalis, masseter и pterygoideus internus. Если мы посмотрим на расположение первого моляра, то увидим, что они расположены близко к собственно жевательной мышце. Из этого мы понимаем, что на данные зубы оказывается наибольшее давление при акте жевания, что

в разы увеличивает возможность скола депульпированного зуба. [2]

Для распределения давления на первый моляр, необходимо устанавливать в канал стекловолоконный штифт.

В случае удаления первого моляра, жевательная нагрузка перейдет на кпереди стоящие зубы верхней и нижней челюстей, способствуя деформации прикуса.

Некоторые врачи стоматологи терапевты нашли для себя выход из данной ситуации — выведение моляра из прикуса. Однако, надолго выводить зубы из прикуса нельзя, потому что это может привести к дисфункции височно-нижнечелюстного сустава, а также спровоцировать феномен Попова-Годона. Зубы антагонисты будут смещаться к депульпированному зубу, для появления контакта, деформируя окклюзионную прямую.

Именно соотношение моляров является первым ключом окклюзии. [5]

Материалы и методы

Анализируя исследования отечественных и зарубежных ученых в области протезирования депульпированных моляров искусственными коронками, мы прихо-

дим к выводу, что депульпированные зубы, с полостью ИРОПЗ 0,3, восстановленные путем композитной реставрации, подвержены скалыванию в той же мере, что и моляры с полостями ИРОПЗ 0,4–0,5 1 класса по Блэку.

Анализируя данные рентгенологических снимков, мы видим, что данные моляры, скалываются в 45 % случаев, что подтверждает вышеуказанные исследования.

Также, для распределения нагрузки перед протезированием искусственной коронки, необходимо устанавливать в один из каналов депульпированного зуба стекловолоконный штифт.

Выводы

Опираясь на исследования отечественных и зарубежных ученых в области протезирования искусственными коронками депульпированных моляров, а также на анализ рентгенологических снимков, мы делаем вывод, что важен не только размер отпрепарированной полости зуба, но и соотношение высоты данной полости к ее расстоянию до собственных тканей зуба по пришеечной поверхности.

Данная полость классифицируется независимо от индекса Миликевича.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кеннет М. Харгривз, Луис Г. Берман «Эндодонтия», 11 издание, 2020 г.
2. Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович «Анатомия человека» 12 издание, 2006 г. М.
3. Б.Н. Бынина и А.И. Бетельмана «Ортопедическая стоматология» (2 издание), 1965 г.
4. Леус, П.А. «Кариес зубов. Этиология, патогенез, эпидемиология, классификация», 2007 г.
5. Валерий Загорский, «Окклюзия и артикуляция», 2012 г.

© Костенко Оксана Юрьевна (burckut2016@yandex.ru); Кунгуров Сергей Викторович (Kungur-s-v@mail.ru);
Глуговская Екатерина Максимовна (kate_glug@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСЛОЖНЕНИЙ БЕРЕМЕННОСТИ И РОДОВ У ЖЕНЩИН С ГСД

PREDICTION OF PREGNANCY COMPLICATIONS AND DELIVERY IN WOMEN WITH GDM

A. Ryabov
A. Ibragimova
T. Ivanova
L. Tselkovich
R. Balter
O. Tyumina
O. Ilchenko

Summary: The features of early prediction, as well as the diagnosis of complications of pregnancy and childbirth in women with gestational diabetes mellitus (GDM) were determined. A number of obstetric and perinatal complications in patients with this diagnosis are presented, the possibilities of predicting complications of pregnancy and childbirth in patients with GDM are considered.

Keywords: gestational diabetes mellitus, pregnancy, complications, carbohydrate metabolism disorders, delivery.

Рябов Алексей Юрьевич

Соискатель,

Самарский государственный медицинский университет
samaraobsgyn2@yandex.ru

Ибрагимова Алина Ришатовна

К.м.н., доцент,

Самарский государственный медицинский университет
a.r.ibragimova@samsmu.ru

Иванова Татьяна Владимировна

К.м.н., доцент,

Самарский государственный медицинский университет
t.v.ivanova@samsmu.ru

Целкович Людмила Савельевна

Д.м.н., профессор,

Самарский государственный медицинский университет
samaraobsgyn2@yandex.ru

Балтер Регина Борисовна

К.м.н., профессор,

Самарский государственный медицинский университет
samaraobsgyn2@yandex.ru

Тюмина Ольга Владимировна

Д.м.н., главный врач медицинского центра «Династия»

РФ, г. Самара

samaraobsgyn2@yandex.ru

Ильченко Олеся Андреевна

К.м.н., врач — акушер-гинеколог ГБУЗ СО СГП № 3,

olesay.ilchenko@gmail.com

Аннотация. Определены особенности раннего прогнозирования, а также диагностики осложнений беременности и родов у женщин с гестационным сахарным диабетом (ГСД). Представлен ряд акушерских и перинатальных осложнений у пациенток с данным диагнозом, рассмотрены возможности прогнозирования осложнений беременности и родов у пациенток с ГСД.

Ключевые слова: гестационный сахарный диабет, беременность, осложнения, нарушения углеводного обмена, родоразрешение.

Цель работы — усовершенствование прогнозирования [1] осложнений беременности и родов у пациенток с ГСД, оценка распространенности нарушений углеводного обмена, анализ особенностей течения беременности и родов у данной категории женщин.

Гестационный сахарный диабет (ГСД) — это гипергликемия, впервые выявленная во время беременности и несоответствующая критериям манифестного диабета [1–3]. Данное заболевание значительно влияет на увеличение количества беременных с нарушением углеводного обмена. Его осложнения представляют собой серьезные риски не только для самой роженицы, но и для ее ребенка.

В нашей стране в 2012 г. обновились критерии диагностики данного заболевания [4]. Это была вынужденная мера, так как серьезная проблема набирала актуальность. Статистика по-прежнему показывает, что количество беременных с установленным гестационным сахарным диабетом [5] ежегодно растет как в мире, так и в РФ. В настоящее время в регионах данный показатель колеблется от 4,6 до 17,8 %. Отчасти увеличение числа беременных с ГСД можно объяснить современными, более точными критериями диагностики, отчасти — увеличением количества беременных, у которых зафиксировано ожирение [6]. Рост частоты развития ГСД в определенной мере также обусловлен увеличением возраста женщин, вступающих в беременность

(33–39 лет), а также распространенностью ожирения, гипертензивных расстройств и СД II типа [7, 8].

В последнее десятилетие распространенность ожирения в России также выросла вдвое (25 % от общего количества молодых женщин) [7] и каждый шестой новорожденный рождается у матери, которая в анамнезе имеет определенную степень нарушения углеводного обмена.

Соответственно, для женщины в данной ситуации прогнозируются **сопутствующие экстрагенитальные заболевания** [9]:

- анемия — 45,9 %;
- ожирение — 41,5 %;
- вегетососудистая дистония — 13 %;
- варикозная болезнь — 12,1 %;
- гипертоническая болезнь — 9,8 %.

С целью определения прогностических признаков ГСД на основе выявленных факторов риска и систематизации осложнений, возникших во время родов у женщин с ГСД, рассмотрен их анализ у группы пациенток с компенсированным гестационным сахарным диабетом, представлены вероятные исходы подобной беременности [10].

Пациентки с нарушениями углеводного обмена представляют собой группу высокого риска. Течение их беременности и родов должны находиться под пристальным наблюдением врачей акушеров-гинекологов, при необходимости — эндокринологов, так как ассоциируются с высоким уровнем риска развития перинатальных и акушерских осложнений.

Прогнозирование основных осложнений течения беременности при ГСД со стороны матери [11, 12]:

- развитие фетоплацентарной недостаточности (84 %);
- гипертензивные расстройства (18–65 %);
- диабетическая фетопатия (10,8–19,4 %);
- кесарево сечение (42,6 %);
- угроза прерывания беременности (30–42 %);
- многоводие (10–36 %);
- преэклампсия (6,3–13 %).

Прогнозирование основных осложнений течения беременности при ГСД со стороны плода и новорожденного [13, 14]:

- большой вес для гестационного возраста и макросомия;
- дистония плечиков в родах;
- родовая травма;
- неонатальный гиперинсулинизм;
- неонатальная гипокальцемика;
- неонатальная гипербилирубинемия;
- повышенный уровень депозита жировой ткани.

Тем не менее, в научных исследованиях данной проблематики наблюдается тенденция к сокращению количества случаев диабетической фетопатии и умеренной преэклампсии. Это объясняется тщательным регулярным проведением рутинного скрининга, а также своевременным подробным доказательным прогнозированием осложнений при нарушенном углеводном обмене, ГСД в частности [10]. Четкое двухэтапное проведение скрининга дает возможность определить осложнение гестационного процесса, и оптимизировать ведение беременной с установленным гестационным сахарным диабетом [15], обеспечив ей своевременную родовую госпитализацию на сроке 37–38 недель. В свою очередь, родоразрешение должно состояться не позднее 38–39 недель беременности [2]. Все это благоприятно сказывается на исходе родов для матери, снижает риск перинатальных осложнений для детей, рожденных от беременных с данным диагнозом [16]. Отмечается факт того, что наличие в анамнезе пациентки такого заболевания, как ГСД, согласно документу «Базовый протокол ведения родов», потенциально свидетельствует о высокой вероятности увеличения продолжительности родов и, таким образом, длительность родов у первородящих может составлять от 5–6 до 14 часов [8].

В то же время, ГСД не является показанием к досрочному родоразрешению и процент срочных родов через естественные родовые пути выше. Хотя при наличии осложнений, вопрос решается в пользу кесарева сечения (порядка 42,6 % от общего числа беременных женщин с ГСД).

Прогнозирование основных показаний для досрочных родов:

- острая гипоксия плода;
- клинически узкий таз;
- слабость родовой деятельности;
- макросомия [14].

Осложнения во время родов у женщин с гестационным сахарным диабетом могут принципиально изменить исход для матери и ребенка. Достаточно часто неблагоприятные последствия обусловлены отсутствием должного планирования беременности. К тому же имеет место неадекватный контроль углеводного обмена до и во время гестации [5–9]. Минусом является и тот факт, что диагностика ГСД в настоящее время по-прежнему запаздывает на срок от 4 до 15 недель (это приблизительно 55 % случаев наступления беременности у женщин с ГСД) [10, 18]. Соблюдение соответствующих клинических рекомендаций по выявлению нарушений углеводного обмена, ведению беременности и родов позволяет существенно снижать риски возникновения осложнений, в том числе высокой и средней степеней тяжести.

Основной критерий включения беременных в исследование [10, 19] — наличие диагноза ГСД, который

исследователи данной проблематики выставляют по результатам двухэтапного скрининга: определения гликемии после первичного обращения беременной пациентки в женскую консультацию, а также после проведения перорального глюкозотолерантного теста в сроки 24–32 недели [2].

Статистическая обработка данных проводится с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0. При анализе количественных признаков вычисляется среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD). Определяется, что количество пациенток с ГСД [20, 21] за один год увеличивается примерно в 1,7 раза — с 11,4 до 19,8 %.

Обследование для выявления сопутствующей коморбидной патологии состоит из нескольких составляющих:

- сбор анамнеза;
- объективное исследование органов и систем;
- консультации окулиста, терапевта, эндокринолога;
- электрокардиография;
- эхокардиография;
- ультразвуковое сканирование щитовидной железы, почек и печени.

Зафиксированы наиболее частые **осложнения родов через естественные родовые пути** [22]:

- преждевременный разрыв плодных оболочек (ПРПО) (17,3 %);
- слабость родовой деятельности (1,0 %).

Осложнения во многом обусловлены несформированностью пояса соприкосновения, а также развитием аномалий сократительной деятельности матки (многоводие, macrosomia плода).

Также установлена **принципиальная закономерность**: если в период гестации у пациентки диагностиро-

вано нарушение углеводного обмена, соответственно, частота акушерских осложнений значительно возрастает и может достигать порядка 37 % от общего количества родоразрешений. Это, в свою очередь, способствует развитию macrosomia плода — около 30 %. Также существенно повышается риск перинатальных осложнений. Кроме того, выявлено, что у 87 % беременных с ГСД диагностировано увеличение уровня С-пептида, а у 93 % подобных пациенток — повышение индекса инсулинорезистентности.

В имеющихся литературных данных [23] представлены особенности гликемии у женщин во время беременности [10], изучены особенности функционального состояния фетоплацентарного комплекса у беременных с сахарным диабетом в зависимости от колебаний гликемии во время гестации [12]. Установлено, что рост уровня гликемии на 16 % и более ($с\ 4,72 \pm 0,25$ ммоль/л до $5,4 \pm 0,14$ ммоль/л) в латентную фазу I периода родов, свидетельствует о необходимости дополнительной инсулинотерапии и служит фактором прогноза дискоординированной родовой деятельности у женщин с ГСД.

Вывод. На сегодня нарушения углеводного обмена, в частности ГСД, в акушерстве являют собой серьезный медико-социальный вопрос. Его важность обусловлена ростом осложнений во время беременности и родов, включая сопутствующую экстрагенитальную патологию, а также перинатальные осложнения, частые оперативные роды. Своевременное прогнозирование осложнений беременности и родов у пациенток с данным заболеванием, а также более четкое выполнение врачами акушерами-гинекологами клинических рекомендаций по диагностике, ведению и родоразрешению беременных с выявленным нарушением углеводного обмена, даст возможность улучшить ситуацию в данном вопросе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гестационный сахарный диабет: вчера, сегодня, завтра / Ф.Ф. Бурумкулова, В.А. Петрухин // Терапевтический архив. — 2014. — № 10. — С. 109–115.
2. Кошель Л.В. Гестационный сахарный диабет: современные критерии диагностики / Л.В. Кошель, Н.К. Рунихина, О.И. Колегаева, Р.М. Есаян // Справочник поликлинического врача. — 2015. — № 2. — С. 51–54.
3. Donovan LE. Prevalence and timing of screening and diagnostic testing for gestational diabetes mellitus: a population-based study in Alberta, Canada / LE. Donovan, A. Savu, AL. Edwards et al. // Diabetes Care. — 2016. — Vol. 39. — P. 55–60.
4. Дедов И.И. Российский национальный консенсус «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение» / И.И. Дедов, В.И. Краснополянский, Г.Т. Сухих // Consilium medicum. — 2013. — № 4. — С. 5–9.
5. Рябов А.Ю. Особенности показателей углеводного обмена и содержания рецепторов к конечным продуктам гликирования у беременных с алиментарным ожирением / А.Ю. Рябов, Т.В. Иванова, О.А. Ильченко, А.С. Требунских // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 1. — С. 196–201. DOI 10.37882/2223-2966.2022.01.29.
6. Капустин Р.В. Роль ожирения и избытка массы тела как фактора развития гестационного сахарного диабета: систематический обзор / Р.В. Капустин, О.Н. Аржанова, О.Н. Беспалова и др. // Журнал акушерства и женских болезней. — 2015. — № 5. — С. 87–95.
7. Беслангурова З.А. Особенности функционального состояния фетоплацентарного комплекса у беременных с сахарным диабетом: автореферат дисс. ... канд. мед. наук / З.А. Беслангурова. — Волгоград, 2009. — 24 с.
8. Durnwald C.P. Glycemic Characteristics and Neonatal Outcomes of Women Treated for Mild Gestational Diabetes / C.P. Durnwald, L. Mele, C.Y. Spong, S.M. Ramin et al. // Obstet Gynecol. — 2011. — Vol. 117. — P. 819–827.

9. Бондарь И.А. Осложнения и исходы беременности при гестационном сахарном диабете / И.А. Бондарь, А.С. Малышева // Бюллетень сибирской медицины. — 2014. — № 2. — С. 5–9.
10. Целкович Л.С. Влияние уровней содержания конечных продуктов гликирования на исходы беременности, особенности течения послеродового периода, состояние новорожденных у женщин с ГСД / Л.С. Целкович, Р.Б. Балтер, Т.В. Иванова, А.Р. Ибрагимова, А.Ю. Рябов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 01/2. — С. 121–126. DOI 10.37882/2223-2966.2022.01-2.20.
11. Гарбузова М.А. Осложнения и риски при гестационном сахарном диабете / М.А. Гарбузова, А.М. Мкртумян // Справочник поликлинического врача. — 2013. — № 9. — С. 55–61.
12. Айламазян Э.К. Акушерство: национальное руководство / Э.К. Айламазян, В.И. Кулаков, В.Е. Радзинский, Г.М. Савельева. — М.: ГЭОТАР — Медиа, 2014. — 1200 с.
13. Рожкова О.В. Возможности прогнозирования перинатальных исходов при гестационном сахарном диабете / О.В. Рожкова, О.В. Ремнёва, Н.В. Трухачева // Фундаментальная и клиническая медицина. — 2019. — Т. 4. С. 19–25. DOI 10.23946/2500-0764-2019-4-4-19-25.
14. Гончарова Е.В. Гестационный сахарный диабет. Ключевые моменты диагностики и самоконтроля / Е.В. Гончарова, Н.А. Петунина // Справочник поликлинического врача. — 2015. — № 6 (8). — С. 33–35.
15. Дедов И.И. Российский национальный консенсус «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение» / И.И. Дедов, В.И. Краснопольский, Г.Т. Сухих // Consilium medicum. — 2013. — № 4. — С. 5–9.
16. Кветной И.М. Акушерские и патоморфологические особенности течения беременности у женщин с гестационным сахарным диабетом / И.М. Кветной, О.Н. Аржанова, В.О. Полякова и др. // Журнал акушерства и женских болезней. — 2019. — № 3. — С. 44–48.
17. Pridjian G. Update on gestational diabetes / G. Pridjian, T.D. Benjamin // Obstet Gynecol Clin North Am. — 2020. — Vol. 37. — P. 255–267.
18. Moses R. The impact of potential new diagnostic criteria on the prevalence of gestational diabetes mellitus in Australia / R. Moses, G. Morris, P. Petocz et al. // Med. J. Aust. — 2011. — Vol. 194 (7). — P. 338–340.
19. Бондарь И.А. Осложнения и исходы беременности при гестационном сахарном диабете / И.А. Бондарь, А.С. Малышева // Бюллетень сибирской медицины. — 2014. — № 2. — С. 5–9.
20. Жуковец И.В. Факторы риска гестационного сахарного диабета / И.В. Жуковец, С.А. Леваков, О.А. Лещенко // Акушерство и гинекология. — 2019. № 5. С. 57–62.
21. Додхоева М.Ф. Гестационный сахарный диабет: современный взгляд на актуальную проблему / М.Ф. Додхоева, Д.А. Пирматова // Вестник Авиценны. 2018. № 20 (4). С. 455–461.
22. Загарских Е.Ю. Гестационный сахарный диабет и акушерские осложнения / Е.Ю. Загарских, Н.А. Курашова // Акушерство и гинекология. 2019. № 3. С. 29–34.
23. Результаты использования новых критериев диагностики и лечения гестационного сахарного диабета / Н.В. Боровик, А.В. Тиселько, О.Н. Аржанова и др. // Журнал акушерства и женских болезней. 2015. № 14 (4) С. 21–25.

© Рябов Алексей Юрьевич (samaraobsgyn2@yandex.ru); Ибрагимова Алина Ришатовна (a.r.ibragimova@samsmu.ru); Иванова Татьяна Владимировна (t.v.ivanova@samsmu.ru); Целкович Людмила Савельевна (samaraobsgyn2@yandex.ru); Балтер Регина Борисовна (samaraobsgyn2@yandex.ru); Тюмина Ольга Владимировна (samaraobsgyn2@yandex.ru); Ильченко Олеся Андреевна (olesay.ilchenko@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ДОСТУПА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОТКРЫТЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ АОРТО-БЕДРЕННОГО СЕГМЕНТА У ПАЦИЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ КОНСТИТУЦИИ

THE EFFECT OF SURGICAL ACCESS ON THE RESULTS OF OPEN RECONSTRUCTIONS OF THE AORTO- FEMORAL SEGMENT IN PATIENTS WITH DIFFERENT PARAMETERS OF THE CONSTITUTION

S. Suzdaltsev
R. Sulimanov
S. Sukovatkin
O. Suzdaltseva
S. Tindikova

Summary. Relevance: The high frequency of postoperative complications and mortality remains the main problem of open interventions on the aorto-femoral segment.

Objective: To study the relationship between the constitutional parameters of the patient and the surgical access used in open aorto-bifemoral reconstructions.

Materials and methods: 220 patients underwent surgery for lesions of the aorto-femoral segment of type C and D according to TASC II, using laparotomy access (group I — 117 patients), and retroperitoneal access (group II — 103 patients). The groups studied the incidence of systemic postoperative complications and mortality, as well as the parameters of the constitution, assessing the presence or absence of overweight and obesity. The χ^2 * criterion and the Mann-Whitney U-test** in the Statistica 10 package were used to calculate the data.

Results: In group I, 31 (26.4 %) cases of systemic complications were noted, among which 21 (67.7 %) patients were overweight or obese. Deaths in group I were recorded in 14 (11.9 %) clinical cases, of which 11 (78.6 %) patients are obese or overweight. In group II, the number of systemic complications was 28 (27.2 %) cases, among which there were 10 (35.7 %) overweight patients. Mortality in group II was recorded in 11 (10.7 %) cases, of which 2 (18.2 %) patients had signs of overweight or obesity.

Conclusions: In patients with signs of obesity, the use of retroperitoneal access during open reconstructions of the aorto-femoral segment is associated with the lowest number of postoperative systemic complications and mortality, in contrast to laparotomic access.

Keywords: laparotomic access, retroperitoneal access, constitutional parameters of the patient, systemic postoperative complications, mortality, aorto-femoral segment, Lericq syndrome.

Суздальцев Сергей Евгеньевич

Аспирант, Новгородский государственный
университет имени Ярослава Мудрого;
врач сердечно-сосудистый хирург
отделения сосудистой хирургии ГОБУЗ «Новгородская
областная клиническая больница»
suzdal26@inbox.ru

Сулиманов Рушан Абдулхакович

д.м.н., профессор, Новгородский государственный
университет имени Ярослава Мудрого;
заведующий отделением торакальной хирургии
ГОБУЗ «Новгородская областная клиническая больница»
sulimanov@mail.ru

Суковаткин Сергей Иванович

Аспирант, Новгородский Государственный
Университет имени Ярослава Мудрого;
заведующий отделением сосудистой хирургии
ГОБУЗ «Новгородская областная клиническая больница»
sergeyiv4486@mail.ru

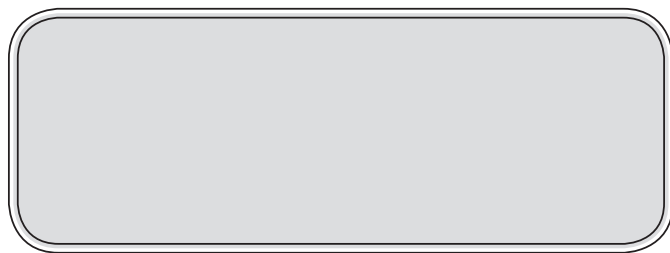
Суздальцева Ольга Николаевна

Новгородский Государственный Университет
имени Ярослава Мудрого
olenka.plaksina@icloud.com

Тиндикова Светлана Алексеевна

Новгородский Государственный Университет
имени Ярослава Мудрого,
cool.sveta9@yandex.ru

Аннотация: Актуальность: Высокая частота послеоперационных осложнений и летальности остается основной проблемой открытых вмешательств на аорто-бедренном сегменте. *Цель работы:* Изучение взаимосвязи конституциональных параметров пациента и используемого хирургического доступа при открытых аорто-бифеморальных реконструкциях. *Материалы и методы:* 220 пациентов прооперированы по поводу поражений аорто-бедренного сегмента типа C и D по TASC II, с использованием лапаротомного доступа (группа I — 117 пациентов), и забрюшинного доступа (группа II — 103 пациента). В группах изучались частота развития системных послеоперационных осложнений и летальности, а также параметры конституции, оценивающие наличие или отсутствие избыточной массы тела и ожирения. Для расчета данных использовались критерий χ^2 * и U — тест Манна-Уитни** в пакете Statistica 10. *Результаты:* В группе I отмечается 31 (26,4 %) случай развития системных осложнений, среди которых избыточную массу тела или ожирение имели 21 (67,7 %) пациентов. Летальные исходы в группе I регистрировались в 14 (11,9 %) клинических наблюдений, из которых 11 (78,6 %) пациентов страдают ожирением или избыточной массой тела. В группе II число системных осложнений составило 28 (27,2 %) случаев, среди которых отмечается 10 (35,7 %) пациентов с избыточной массой тела. Летальность в группе II регистрировалась в 11 (10,7 %) случаях, из которых признаки избыточной массы тела или ожирения имели 2 (18,2 %) пациента.



Введение

Несмотря на стремительное развитие эндоваскулярных технологий, открытые аорто-бифemorальные реконструкции остаются актуальным методом лечения в особенности для типов С — D по классификации TASC II [1]. Высокая частота развития послеоперационных осложнений и летальности остается основной проблемой хирургических вмешательств на аорто-бедренном сегменте (АБС). По данным различных литературных источников частота послеоперационных осложнений при подобных операциях варьирует от 8 до 25 %, а летальность — от 5 до 18 % [2, 3]. Существует также ряд осложнений, обусловленных соматическим статусом пациента и параметрами его конституции [4, 5]. Выбор оптимального хирургического доступа является одним из ключевых условий качественного и успешного выполнения операции, а так же благоприятного течения послеоперационного периода [6]. Наиболее распространенными в практике доступами к инфраренальной аорте являются ретроперитонеальный (РП) и трансперитонеальный (ТП). Каждый из вышеперечисленных — имеет как достоинства, так и недостатки, и в разной степени тяжело переносятся больными в послеоперационном периоде [7, 8]. В ряде научных работ изучены преимущества и недостатки ТП и РП доступов при открытом хирургическом лечении АБС [9]. Однако работ, изучающих взаимосвязь между выбором хирургического доступа и конституциональными параметрами пациента, в литературе не встречается.

Целью исследования является изучение взаимосвязи конституциональных параметров пациента и используемого хирургического доступа при открытом аорто-бифemorальном протезировании.

Материалы и методы

В исследовании проводится сравнение частоты развития неспецифических (системных) осложнений и летальности у пациентов после выполнения открытых реконструкций аорто-бедренного сегмента С и D типов по классификации TASC II в зависимости от параметров конституции с использованием ТП или РП доступов, выполненных в отделении сосудистой хирургии ГОБУЗ «НОКБ» период с 2009 по 2018 годы. В исследование были включены 220 пациентов, которым выполнялся ла-

Выводы: у пациентов с признаками ожирения, использование забрюшинного доступа при открытых реконструкциях аорто-бедренного сегмента ассоциируется с наименьшим числом послеоперационных системных осложнений и летальности, в отличие от лапаротомного доступа.

Ключевые слова: лапаротомный доступ, забрюшинный доступ, конституциональные параметры пациента, системные послеоперационные осложнения, летальность, аорто-бедренный сегмент, синдром Лериша.

паротомный и забрюшинный доступ при аорто-бифemorальном протезировании или шунтировании. В группу I включены 117 пациентов прооперированных через полую срединную лапаротомию, в группу II — 103 пациента прооперированных через забрюшинный доступ по С. Rob. Полной срединной лапаротомией считался разрез от мечевидного отростка до лонного сочленения с левосторонним обходом пупка. Мобилизация аорты в данном случае производится путем отведения петель тонкой кишки вправо и рассечением париетальной брюшины для адекватной экспозиции инфраренального отдела аорты. Забрюшинный доступ выполнялся по типу С. Rob клюшкообразным разрезом от точки на 2 см ниже пупка и до края 12 ребра. После рассечения косых и поперечной мышц брюшинный мешок мобилизуется в медиальном направлении. Околопочечная клетчатка, при необходимости, так же мобилизуется, что дает дополнительное пространство для проксимальной установки зажима на необходимом участке инфраренальной аорты.

У всех пациентов изучались *рост, вес, эпигастральный угол, реберно-подвздошное расстояние, окружность живота*. Измерение роста и веса пациента проводилось с помощью ростомера и весов соответственно на этапе поступления пациента в стационар. Индекс массы тела (ИМТ) — является производной от роста и веса больного и автоматически вычисляется по формуле «ИМТ = вес (кг) / рост (см)²». Эпигастральный угол измерялся с помощью транспортира. Реберно-подвздошное расстояние измерялось сантиметровой лентой от передне-верхней подвздошной ости до точки пересечения реберной дуги с передней подмышечной линией соответствующей стороны. Окружность живота на уровне пупка измерялась сантиметровой лентой. Изучаемые параметры позволяют оценить наличие или отсутствие избыточной массы тела, и тип висцерального ожирения пациента, основываясь на антропометрических характеристиках и строении его скелета. В группе I выявлено 59 (50,4 %), а в группе II — 55 (53,4 %) пациентов с наличием избыточной массы тела. В таблице 1 представлены средние значения конституциональных параметров пациентов.

Подавляющее большинство пациентов в группах (94 % и 89,2 %) были мужчинами пожилого и старческого возраста с наличием сопутствующих заболеваний, прооперированных по поводу перемежающейся хромоты, болей покоя и трофических изменений нижних конечностей.

Таблица 1.

Конституциональные параметры пациентов в группах сравнения

Конституциональные параметры	Группа I (n=117)		Группа II (n=103)	
	Нормальная масса тела (n=58)	Избыток массы тела (n=59)	Нормальная масса тела (n=48)	Избыток массы тела (n=55)
Рост, см	178,2 ± 8,6	170,93 ± 8,2	177,8 ± 9,3	174,3 ± 5,2
Вес, кг	68,3 ± 8,7	80,8 ± 8,4	70,5 ± 6,2	82,8 ± 6,3
ИМТ	22,3 ± 4,7	26,5 ± 3,1	22,4 ± 3,2	26,3 ± 3,1
Окружность живота, см	74,4 ± 9,4	108,6 ± 7,3	80,2 ± 4,3	110 ± 4,7
Реберное-подвздошное расстояние, см	14,6 ± 3,8	23,4 ± 1,7	16,1 ± 4,2	25,2 ± 3,5
Эпигастральный угол, градусы	87,4 ± 5,7	110 ± 13,5	90,2 ± 5,3	117 ± 9,7

Таблица 2.

Клиническая и демографическая характеристика групп (p* — тест χ², p** — U — тест Манна Уитни)

Показатель, n (%)	Группа I n = 117	Группа II n = 103	p
Мужской пол	110 (94 %)	92 (89,3 %)	0,3*
Возраст ср.	69,7 ± 4,5	72,4 ± 3,7	0,86 **
Возраст, лет			—
55–69,	55 (47,1 %)	47 (45,6 %)	
70–79,	45 (38,4 %)	45 (43,7 %)	
80 +	17 (14,5 %)	11 (10,7 %)	
Наличие избыточной массы тела	59 (50,4 %)	55 (53,4 %)	0,66*
Предшествующие операции на органах брюшной полости	14 (12 %)	38 (36,9 %)	0,001*
Гипертоническая болезнь II–III ст.	98 (83,7 %)	90 (87,4 %)	0,62*
Сахарный диабет II типа	16 (13,7 %)	17 (16,5 %)	0,84*
ХОБЛ	23 (19,7 %)	25 (24,3 %)	0,28*
ИБС	102 (87,2 %)	92 (89,3 %)	0,82*

стей. Группы были сопоставимы по основным клинко-демографическим характеристикам и показаниям к выполняемому вмешательству. Число пациентов группы II с предшествующими операциями на органах брюшной полости составляло 38 (36,9 %), что превышало аналогичный показатель в группе I более чем в 2 раза — 14 (12 %) больных. Основные клинко-демографические характеристики группы сравнения представлены в таблице 2.

В послеоперационном периоде у больных группы II отмечалось меньшее время респираторной поддержки 4,8 ± 2,2 часов в сравнении с пациентами группы I, где использовался лапаротомный доступ — 8,3 ± 3,5 часов. Сроки пареза кишечника были достоверно ниже у пациентов группы II, и составляли 2,6 ± 1,5 суток в отличие от 5,4 ± 1,3 суток у пациентов из группы I. Остальные приведенные в таблице показатели статистически достоверного различия не имели. Время операции составило

190,83 ± 5,8 и 200,5 ± 8,7 минут соответственно в группах I и II. Время ишемии нижних конечностей в группе I составило 49 ± 4,3 минут, в свою очередь в группе II данный показатель составил 56 ± 7,8 минут. Объем кровопотери в обеих группах значимо не различался и был равен 315,4 ± 76 мл и 327,3 ± 89 мл в группах I и II соответственно. Сроки проведения пациента в отделении интенсивной терапии в обеих группах так же значимо не отличались: 2,6 ± 1,5 суток у пациентов из I группы и 1,4 ± 1,5 суток у пациентов группы II. Таблица 3.

В группе I было зарегистрировано 31 (26,5 %) случаев развития неспецифических жизнеугрожающих осложнений. В группе II аналогичный показатель был равен 28 (27,2 %) случаям. Частота возникновения летальных исходов не различалась в группах сравнения, и составляла 14 (11,9 %) и 11 (10,7 %) случаев в I и II группах соответственно. Структура неспецифических осложнений и летальных исходов в группах представлена в таблице 4.

Таблица 3.

Основные периоперационные показатели
(p^{**} — U-тест Манна Уитни)

Показатель	Группа I (n=117)	Группа II (n=103)	p^{**}
Время операции, мин	190,83 ± 5,8	200,5 ± 8,7	0,47
Время ишемии нижних конечностей, мин	49 ± 4,3	56 ± 7,8	0,34
Кровопотеря, мл	315,4 ± 76	327,3 ± 89	0,38
Сроки ИВЛ в п/о периоде, часы	8,3 ± 3,5	4,8 ± 2,2	0,036
Сроки в ОРИТ, сут.	2,6 ± 1,5	1,4 ± 1,5	0,06
Сроки пареза кишечника, сут.	5,4 ± 1,3	2,6 ± 1,5	0,012
Послеоперационный к/д	10,3	8,4	0,68

Кардиологические осложнения в группах I и II включали в себя развитие острого инфаркта миокарда 5 (16,1 %) и 4 (14,3 %) случаев, ишемии миокарда без подъема сегмента ST — 2(6,45 %) и 3 (10,7 %) случаев, острую сердечно-сосудистую недостаточность 3 (9,7 %) и 4 (14,3 %) случаев, а так же нарушения ритма сердца 2 (6,45 %) и 2 (7,14 %) случаев соответственно. Гастроэнтерологические осложнения в группах I и II включали в себя ишемию толстого кишечника 4 (12,9 %) и 1 (3,6 %) клинических наблюдений соответственно, а так же 4 (12,9 %) случаев развития острой кишечной непроходимости у пациентов группы I, потребовавших хирургиче-

ского лечения, что достоверно превышало аналогичные показатели в группе II ($p=0,018$). Респираторные осложнения, включающие случаи развития госпитальной пневмонии, острого респираторного дистресс синдрома (ОРДС) с развитием дыхательной недостаточности (ДН), потребовавшей использование продленной ИВЛ более 72 часов послеоперационного периода наблюдались в 5 (16,2 %) и 5 (17,9 %) случаях в группах I и II соответственно. Острое почечное повреждение, характеризующееся олигоанурией более 48 часов и повышением уровня креатинина в 1,5 раза от исходного значения и наблюдалось в 3 (9,6 %) и 5 (17,8 %) случаях в группах I и II соответственно. Развитие ишемического инсульта регистрировалось в 1 (3,2 %) случае в группе I. В группе II отмечается по 1 (3,6 %) случаю развития ишемического ОНМК и транзиторной ишемической атаки. Развитие сепсиса и синдрома полиорганной недостаточности было зарегистрировано в 1 случае (3,2 % и 3,6 %) в каждой группе больных.

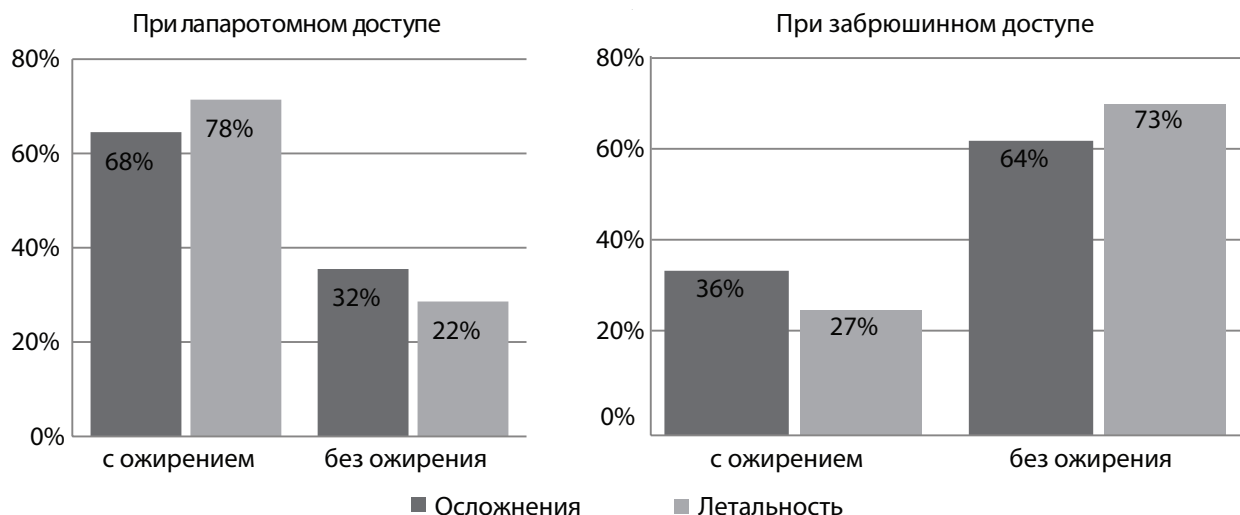
Результаты

В группе I зарегистрирован 31 (100 %) случай развития системных жизнеугрожающих осложнений. Число пациентов с избыточной массой тела и ожирением составило среди них 21 (67,7 %) случаев, что более чем в 2 раза превышает число пациентов без ожирения, и составляет 10 (32,3 %) случаев. Общее число летальных исходов в группе I составляло 14 (100 %) случаев, 11 (78,6 %) из которых регистрировались у пациентов

Таблица 4.

Структура неспецифических осложнений и летальности в группах сравнения (p^* — тест χ^2)

Вид неспецифических осложнений	Осложнения группа I, n (%)	Осложнения группа II, n (%)	p^*	Летальность группа I, n (%)	Летальность группа II, n (%)	p^*
Кардиальные:						
— Инфаркт миокарда (STEMI)	5 (16,1 %)	4 (14,3 %)	0,74	5 (35,7 %)	3 (27,2 %)	0,82
Ишемия миокарда без элевации ST	2 (6,45 %)	3 (10,7 %)		—	—	
Нарушения ритма	2 (6,45 %)	2 (7,14 %)		—	—	
Острая ССН	3 (9,7 %)	4 (14,3 %)		2 (14,3 %)	3 (27,2 %)	
Гастроэнтерологические:						
Ишемический колит	4 (12,9 %)	1 (3,6 %)	0,018	2 (14,3 %)	—	0,1
Кишечная непроходимость	4 (12,9 %)	—		1 (7,2 %)	—	
Респираторные:						
Острый респираторный дистресс синдром	3 (9,7 %)	1 (3,6 %)	0,86	1 (7,2 %)	—	0,79
Госпитальная пневмония	2 (6,5 %)	4 (14,3 %)		1 (7,2 %)	2 (18,3 %)	
Острое почечное повреждение	3 (9,6 %)	5 (17,8 %)	0,36	—	1 (9,1 %)	0,25
Неврологические:						
ОНМКпо ишемическому типу	1 (3,2 %)	1 (3,6 %)	0,49	—	—	—
Транзиторные ишемические атаки	—	1 (3,6 %)		—	—	
Сепсис	1 (3,2 %)	1 (3,6 %)	0,94	1 (7,2 %)	1 (9,1 %)	0,85
Полиорганная недостаточность	1 (3,2 %)	1 (3,6 %)	0,94	1 (7,2 %)	1 (9,1 %)	0,85
ВСЕГО	31 (100 %)	28(100 %)	0,96	14 (100 %)	11(100 %)	0,76



Диаграммы 1, 2. Зависимость числа системных осложнений и летальности от используемого хирургического доступа у пациентов с различными параметрами конституции

с наличием избыточной массы тела или ожирения, а 3 (21,4 %) случая у пациентов с нормальной массой тела.

В группе II регистрировалось 28 (100 %) случаев развития системных жизнеугрожающих осложнений. 18 (64,3 %) случаев отмечается у пациентов с признаками недостаточной массы тела, а 10 (35,7 %) случаев у больных с наличием избыточной массы тела. Летальные исходы в группе II зарегистрированы в 11 (10,7 %) клинических наблюдениях, среди которых 8 (72,7 %) пациентов имели признаки недостаточной массы тела, и только в 3 (27,3 %) случаях больные имели признаки избыточной массы тела или ожирения. Таблица 5.

Таблица 5.

Сравнение числа системных осложнений и летальности у пациентов в группах лапаротомного и забрюшинного доступов в зависимости от их конституциональных параметров (p* — тест χ^2)

	Пациенты с нормальной массой тела	Пациенты с избытком массы тела	Всего	p* Value
Системные осложнения в группе I	10 (32,3 %)	21 (67,7 %)	31 (100 %)	0,025
Летальность в группе I	3 (21,4 %)	11 (78,6 %)	14 (100 %)	0,025
Системные осложнения в группе II	18 (64,3 %)	10 (35,7 %)	28 (100 %)	0,028
Летальность в группе II	9 (81,8 %)	2 (18,2 %)	11 (100 %)	0,014

Выводы

У пациентов с избытком массы тела и наличием висцерального ожирения, выбор забрюшинного доступа при открытой коррекции АБС предпочтительнее, так как он ассоциируется с наименьшим числом послеоперационных системных осложнений и летальности.

У пациентов с нормальной или недостаточной массой тела, выбор лапаротомного доступа ассоциируется с наименьшим числом развития системных осложнений и летальности.

Индивидуальный подход к выбору оптимального хирургического доступа, при открытых операциях на аорто-бедренном сегменте, для каждого пациента, на основании его параметров конституции, может стать путем снижения числа системных жизнеугрожающих осложнений и летальности в послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xinyu Zhao, Delang Liu, Chaowen Yu, Yong Sun, Shiyuan Chen, «Treatment of Aortic and Iliac Artery Occlusion by Catheter Thrombolysis Combined with Catheter Thrombectomy and Aortic Bifurcation Endovascular Stent Reconstruction», *Case Reports in Vascular Medicine*, vol. 2021, Article ID 6084226, 6 pages, 2021
2. Bredahl, Kim et al. Mortality and complications after aortic bifurcated bypass procedures for chronic aortoiliac occlusive disease / *Journal of Vascular Surgery*, 2015, Volume 62, Issue 1, 75–82
3. Buck DB, Ultee KH, Zettervall SL, et al. Transperitoneal versus retroperitoneal approach for open abdominal aortic aneurysm repair in the targeted vascular National Surgical Quality Improvement Program. *Journal of Vascular Surgery*. 2016;64(3):585–591.
4. Полянцев А.А. Прогнозирование осложнений после реконструктивных операций на аортоподвздошном сегменте / А.А. Полянцев, П.В. Мозговой, Д.В. Фролов, В.А. Камаев, М.В. Щербakov // *Хирургия*. — 2004. — № 4. — С. 9–12.
5. Gabrielli L, Baudo A, Molinari A, Domanin M. Early complications in endovascular treatment of abdominal aortic aneurysm. *Acta Chir Belg*. 2004 Oct;104(5):519–526.
6. Созон-Ярошевич, А.Ю. Анатомо-клинические обоснования хирургического доступа к внутренним органам / А.Ю. Созон—Ярошевич. Л., 1954. 272 с.
7. Deery, S.E., Zettervall, S.L., O'Donnell, T., Goodney, P.P., Weaver, F.A., Teixeira, P.G., Patel, V.I., & Schermerhorn, M.L. (2020). Transabdominal open abdominal aortic aneurysm repair is associated with higher rates of late reintervention and readmission compared with the retroperitoneal approach. *Journal of vascular surgery*, 71(1), 39–45.
8. Максимов А.В., Нуретдинов Р.М., Фейсханов А.К. Ретроперитонеальный минидоступ при билатеральных реконструкциях аортобедерного сегмента // *ПМ*. 2014. №4, С. 80.
9. Djedovic M, Rustempasic N, Djedovic S, Totic D, Solakovic S, Mujanovic E, Ilijas A, Vukas H, Krvavac A, Rudelija D, Ahmetasevic A. Comparison of transperitoneal and retroperitoneal approach in aorto iliac occlusive disease. *Med Arch*. 2013;67(4):249–51

© Суздальцев Сергей Евгеньевич (suzdal26@inbox.ru); Сулиманов Рушан Абдулхакович (sulimanov@mail.ru);
Суковаткин Сергей Иванович (sergeyiv4486@mail.ru); Суздальцева Ольга Николаевна (olenka.plaksina@icloud.com);
Тиндикова Светлана Алексеевна (cool.sveta9@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМИТИВНЫЕ НЕЙРОЭКТОДЕРМАЛЬНЫЕ ОПУХОЛИ В СТРУКТУРЕ САРКОМ МЯГКИХ ТКАНЕЙ

PRIMITIVE NEUROECTODERMAL TUMORS IN THE STRUCTURE OF SOFT TISSUE SARCOMAS

**Yu. Trofimenko
A. Zavyalov
N. Stepanyants
V. Panasenko**

Summary: Primitive neuroectodermal tumors are characterized by a low frequency of spread, a high degree of malignancy, rapid progression, a high frequency of relapses and metastasis. Impaired development, differentiation and migration of neural crest cells are the cause of a whole class of syndromes and lead to oncogenesis in various organs and tissues, mainly in male children and adolescents. According to the World Health Organization, the peripheral type of PNEO (pPNEO), classical Ewing's sarcoma and extra-skeletal Ewing's sarcoma make up the family of Ewing's sarcoma tumors. These tumors are determined by specific chromosomal abnormalities, primarily translocation t(11,22) (q24,12) and are associated with 85 % of tumors and leads to the fusion of the EWS-FLI-1 gene. The actual prevalence of PNEO is difficult to assess due to the rarity of the tumor and the difficulties of morphological assessment. Most of the publications of the PEO study are clinical descriptions of single tumors of different localization and among patients of different age groups, and clear diagnostic criteria have been established only recently. These types of tumors can be distinguished based on morphological examination and expression of neural markers. The strategies of combined treatment, consisting of surgery, chemotherapy and radiation, remain controversial, which determines the future prospects of research.

Keywords: Ewing's sarcoma, oncogenesis, biopsy, children, adolescents, peripheral primitive neuroectodermal tumor.

Трофименко Юрий Геннадьевич

к.м.н., доцент, Медико-биологический университет
инноваций и непрерывного образования
ФГБУ им. А.И. Бурназяна ФМБА России;
старший врач-онколог онкологического отделения
хирургических методов лечения
ФГБУ «ГНЦ РФ — ФМБЦ им. А.И. Бурназяна».
trophygen@mail.ru

Завьялов Александр Александрович

д.м.н., профессор, Медико-биологический университет
инноваций и непрерывного образования
ФГБУ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Степанянц Николай Георгиевич

к.м.н., доцент, Медико-биологический университет
инноваций и непрерывного образования
ФГБУ им. А.И. Бурназяна ФМБА России;
заведующий онкологическим отделением
хирургических методов лечения
ФГБУ «ГНЦ РФ — ФМБЦ им. А.И. Бурназяна»

Панасенко Валерий Александрович

клинический ординатор, Медико-биологический
университет инноваций и непрерывного образования
ФГБУ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Аннотация. Примитивные нейроэктодермальные опухоли характеризуется низкой частотой распространения, высокой степенью злокачественности, быстрым прогрессированием, высокой частотой рецидивов и метастазирования. Нарушение развития, дифференцировки и миграции клеток нервного гребня являются причиной целого класса синдромов и приводят к онкогенезу в различных органах и тканях, преимущественно, у детей и подростков мужского пола. По данным Всемирной организации здравоохранения, периферический тип ПНЭО (пПНЭО), классическая саркома Юинга и вне-скелетная саркома Юинга составляют семейство опухолей саркомы Юинга. Эти опухоли определяются специфическими хромосомными аномалиями, в первую очередь транслокацией t(11,22) (q24,12) и связаны с 85 % опухолей и приводит к слиянию гена EWS-FLI-1. Фактическую распространенность ПНЭО трудно оценить из-за редкости опухоли и трудностях морфологической оценки. Большинство публикаций исследования ПНЭО представляют собой клинические описания единичных опухолей различной локализации и среди пациентов различных возрастных групп, а четкие диагностические критерии были установлены лишь недавно. Отличить эти виды опухолей можно на основании морфологического исследования и экспрессии нейронных маркеров. Стратегии комбинированного лечения, состоящие из хирургического вмешательства, химиотерапии и облучения, остаются противоречивыми, что определяет дальнейшие перспективы исследований.

Ключевые слова: саркома Юинга, онкогенез, биопсия, дети, подростки, периферическая примитивная нейроэктодермальная опухоль.

Термин «примитивная нейроэктодермальная опухоль» (ПНЭО, primitive neuroectodermal tumour, PNET) первоначально применялся к новообразованиям, обнаруженным в разных анатомических органах. В настоящее время известно, что эта опухоль представляет собой широкий спектр новообразований с различными прогнозами, иммунохимическими особенностями и молекулярными изменениями. Следовательно, современное представление термина ПНЭО, выходит за рамки классификации нейроэктодермальных элементов в головном мозге.

Примитивные нейроэктодермальные опухоли представляют собой чрезвычайно редкий и высокоагрессивный тип злокачественной мелкоклеточной опухоли, происходящей из примитивных клеток нервного гребня [29]. Мигрирующие примитивные клетки нервного гребня — мультипотентные и мигрирующие клеточные популяции в развивающемся эмбрионе, способствующие формированию широкого спектра тканей. Эти клеточные популяции являются стволовыми и сохраняются во взрослом возрасте, что предопределяет их роль не только в регенерации тканей, но и в инициации рака [32].

Нарушение развития, дифференцировки и миграции клеток нервного гребня являются причиной целого класса синдромов, известных как нейрокрестопатии, и приводят к онкогенезу множественных злокачественных новообразований у детей, включая периферические примитивные нейроэктодермальные опухоли, злокачественные опухоли оболочек периферических нервов, черепно-лицевую остеосаркому, а также злокачественные новообразования у взрослых, такие как меланома [7].

ПНЭО относится к семейству сарком Юинга, в основном встречающийся у детей и подростков [8]. ПНЭО, как правило, встречаются в нейроэпителиальных клетках центральной нервной системы и периферических мезенхимальных тканях, что позволяет классифицировать их на центральный и периферический типы [19]. Центральный тип ПНЭО возникает из клеток-предшественников субэпендимального матрикса центральной нервной системы (ЦНС) или внешнего зернистого слоя мозжечка, пинеалоцитов и субэпендимальных клеток желудочков, встречается в основном в головном и спинном мозге. Периферический тип ПНЭО происходит из нервного гребня, расположенного вне ЦНС, является наиболее распространенной, чаще всего она возникает в грудной клетке, за ней поочередно (по распространенности) следуют таз, забрюшинное пространство, брюшная полость и шея [11; 30; 2]. Описаны также ПНЭО в околоушной железе [21]. Мочеполовая локализация этого семейства опухолей встречается очень редко [28; 4]. Известны также случаи ПНЭО в бронхах [18] и в органах пищеварительной системы [34; 26; 27; 22].

В 2016 году в связи с переходом классификации ВОЗ по центральной нервной системе (ЦНС) на более молекулярно ориентированную классификацию, термин ПНЭО был заменен на «эмбриональную опухоль с многослойными розетками, измененный C19mc или NOS», и в последней классификации 2021 года он был сокращен до «эмбриональной опухоли с многослойными розетками» [1]. Ранее термин ПНЭО также использовался как синоним саркомы Юинга, но в 2013 году он был удален из рубрикатора опухолей костей и мягких тканей. Экспрессия гена слияния EWS-FLI-1 в мезенхимальных стволовых клетках изменяет морфологию клеток, придавая им сходство с саркомой Юинга, и индуцирует экспрессию нейроэктодермальных маркеров [17].

Саркомы — редкая группа опухолей. В России ежегодно регистрируется около 10000 новых случаев, что составляет 1 % всех злокачественных новообразований. В 50 % случаев первичные злокачественные опухоли костей представлены остеосаркомой, далее следуют саркомы семейства Юинга. Остальные гистологические формы встречаются редко. Примерно 50 % костных сарком диагностируется в возрасте до 35 лет и гораздо чаще встречаются у детей и молодых людей во втором десятилетии жизни, когда их частота равна 3 случаям на 100000 населения. У лиц старше 30 лет заболеваемость составляет 0,2 случая на 100000 населения. Остеосаркома чаще всего возникает в период быстрого роста костей, и поэтому риск этой опухоли несколько больше у высоких подростков, особенно у мальчиков. Кроме того, повышенный риск остеосаркомы наблюдается при некоторых генетических аномалиях: у детей с наследственной ретинобластомой, синдромом Ли-Фраумени. Около 10 % заболевших — пожилые люди старше 60 лет; считается, что у них развитие опухоли может быть спровоцировано другими костными заболеваниями, возникшими к этому возрасту, или связано с перенесенным облучением. Мужчины болеют несколько чаще женщин. В России на протяжении многих лет заболеваемость сохраняется на уровне 2,13 и 1,83 случая на 100 000 населения среди мужчин и женщин соответственно [3].

Фактическую распространенность ПНЭО трудно оценить из-за редкости опухоли и трудностях морфологической оценки. Большинство публикаций исследования ПНЭО представляют собой клинические описания единичных опухолей различной локализации и среди пациентов различных возрастных групп, а четкие диагностические критерии были установлены лишь недавно. ПНЭО поражает все возрастные группы, особенно подростков и молодых взрослых, составляя 4 % детских и подростковых злокачественных новообразований [25], чаще у пациентов мужского пола. По уточненным данным, 3–9 % всех опухолей мягких тканей у детей и 19 % всех мягкотканых сарком [1]. Средний возраст, в котором выявляются ПНЭО, составляет от 1 до 36 лет.

В европейских странах и США частота их встречаемости составляет 2,4–3,4 случая в год на 1 миллион детей младше 15 лет, в Казахстане — 0,6–1,2 случаев на 1 млн детского населения [10; 1]. Низкая частота выявления опухоли препятствует разработке и внедрения обоснованных на фактических данных рекомендаций по лечению.

По данным Всемирной организации здравоохранения, периферический тип ПНЭО (пПНЭО), классическая саркома Юинга и внескелетная саркома Юинга составляют семейство опухолей саркомы Юинга. Эти опухоли определяются специфическими хромосомными аномалиями, в первую очередь транслокацией $t(11,22)(q24,12)$ и связаны с 85 % опухолей и приводит к слиянию гена EWS-FLI-1 [5; 17]. Саркома Юинга и пПНЭО представляют собой спектр нейроэктодермальной дифференцировки, варьирующий от наименее дифференцированной (саркома Юинга) до наиболее дифференцированной (пПНЭО) [9]. Отличить эти виды опухолей можно на основании морфологического исследования и экспрессии нейронных маркеров.

Гистологически пПНЭО состоят из маленьких, округлых, темно окрашенных клеток, обладающих гиперхромными ядрами, с высокой скоростью митоза [20]. Дифференциальный диагноз пПНЭО с другими опухолями (эмбриональная рабдомиосаркома, нейробластома или лимфома) проводится на основании обнаружения типичных розеток Гомера-Райта, указывающих на дифференцировку опухоли из нервной ткани [24]. Иммуногистохимическим специфическим маркером для верификации пПНЭО является экспрессия CD99, обнаруживаемая у 90–100 % пациентов [14]. Кроме того, иммуногистохимическими маркерами, указывающими на нейральную принадлежность опухоли, являются: нейроспецифическая энолаза, синаптофизин, хромогранин, нейрофиламент и S-100. Нейронный фенотип опухоли подтверждается электронной микроскопией биоптатов, при которой обнаруживаются нейросекреторные гранулы с микротрубочками и микрофиламентами. Окончательный морфологический диагноз пПНЭО выставляется при положительной экспрессии, по крайней мере, двух иммуногистохимических нейронных маркеров и / или при обнаружении розеток Гомера-Райта [23; 35].

Периферические ПНЭО, как правило, представляют собой большие образования мягких тканей со средним диаметром >5 см, что подтверждено обзорными исследованиями, в которых изучался размер первичной опухоли [16; 13]. Объем опухоли является важным прогностическим фактором: при небольших размерах опухоли (<100 мл) выживаемость пациентов около 80 %, а при опухолях большего размера (>100 мл) — 40 % [33;

31]. Прогноз пациентов с размером опухоли >10 см значительно хуже по сравнению с пациентами с размером опухоли <10 см (OR = 3,65; 95 % ДИ 2,07–6,42; P<0,001) [25].

При наличии ПНЭО в мягких тканях типична глубокая локализация опухоли в подкожной клетчатке или мышцах. Эта разновидность опухоли редко встречается как первичная опухоль в коже. В дерме ПНЭО не визуализируется или может быть перепутана морфологически с несколькими другими круглоклеточными кожно-специфическими опухолями. В этой ситуации ПНЭО необходимо отличать от других мелких круглоклеточных опухолей мягких тканей, которые могут иногда присутствовать в коже (таких как рабдомиосаркома и нейробластома), от лимфобластной лимфомы кожи, и от базалоидных или мелких круглоклеточных опухолей, обычно наблюдаемых в коже (таких как карциномы аппендицитного происхождения и карцинома клеток Меркеля) [12].

Благоприятными прогностическими факторами при саркоме Юинга являются: локализация опухоли (опухоль в дистальных отделах конечностей, как правило, имеют лучший прогноз по сравнению с пациентами с поражением в проксимальных отделах конечностей), одиночные легочные метастазы, одностороннее поражение парных органов. Развитие метастазов как в кости, так и в легкие, а также обширные опухоли определяют плохой прогноз. В исследованиях также было установлено, что размер опухоли является важным прогностическим фактором. В целом, данные показывают, что возраст менее 15 лет является еще одним важным клиническим прогностическим фактором. Клинические исследования показали, что у пациентов с минимальной жизнеспособной остаточной опухолью или вообще без нее после операции после неоадьювантной химиотерапии, по-видимому, был лучший результат, чем у пациентов с более значительным количеством жизнеспособной опухоли. Кроме того, неадекватный ответ на неоадьювантную химиотерапию связан с повышенным риском рецидива. Следует отметить, что транслокация EWSR1-ETS больше не рассматривается как неблагоприятный прогностический фактор [15].

Таким образом, ПНЭО характеризуется низкой частотой распространения, высокой степенью злокачественности, быстрым прогрессированием, высокой частотой рецидивов и метастазирования с плохим прогнозом. Большой размер опухоли и метастазирование при первичном проявлении связаны с худшими исходами. Стратегии комбинированного лечения, состоящие из хирургического вмешательства, химиотерапии и облучения, остаются противоречивыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лучевая диагностика периферических примитивных нейроэктодермальных опухолей (PNET) у детей в условиях Научного центра педиатрии и детской хирургии (Алматы, Казахстан) / У.И. Ибрагимов, С.Ш. Саргелов, М.А. Енсепбаев, А.Ш. Тайнекова // Онкология и радиология Казахстана. — 2020. — № 4(58). — С. 36–40.
2. Подобед А.В. Клинические особенности и результаты хирургического лечения злокачественных нейрогенных опухолей средостения / А.В. Подобед // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. — 2021. — Т. 10. — № 2. — С. 29–33.
3. Практические рекомендации по лечению первичных злокачественных опухолей костей (остеосаркомы, саркомы Юинга) рекомендации восточно-европейской группы по изучению сарком / А.А. Феденко, А.Ю. Бохан, В.А. Горбунова [и др.] // Злокачественные опухоли. — 2021. — Т. 11, № 352–1. — С. 264–276. — DOI 10.18027/2224-5057-2021-11-3s2-17
4. Саркома Юинга мочеоточника: клинический случай / З.А. Юрмазов, Н.А. Лушникова, Е.А. Усынин [и др.] // Онкоурология. — 2022. — Т. 18. — № 2. — С. 206–210.
5. Субботина К.В. Исследование эффективности применения молекулярно-генетических тестов для диагностики сарком Юинга и примитивных нейроэктодермальных опухолей / К.В. Субботина // В книге: Актуальные вопросы фундаментальной и клинической медицины. Сборник материалов конгресса молодых ученых. — 2020. — С. 318–321.
6. An introduction to the WHO 5th edition 2022 classification of testicular tumours / D. M. Berney, I. Cree, V. Rao [et al] // Histopathology. — 2022. — №81(4). — P. 459–466. doi: 10.1111/his.14675.
7. Antigene MYCN Silencing by BGA002 Inhibits SCLC Progression Blocking mTOR Pathway and Overcomes Multidrug Resistance / S. Bortolotti, S. Angelucci, L. Montemurro [et al] // Cancers (Basel). — 2023. — №15(3). — P. 990. doi: 10.3390/cancers15030990.
8. Cervicomedullary primitive neuroectodermal tumor of the spine: Case report / B. Nery, L. C. T. Pereira, R. A. F. Costa [et al] // Surg Neurol Int. — 2018. — № 9. — P. 241. 10.4103/sni.sni_41_18
9. Choi J.H. The Recent Advances in Molecular Diagnosis of Soft Tissue Tumors / J.H. Choi, J.Y. Ro, // Int. J. Mol. Sci. — 2023, 24, 5934. doi:10.3390/ijms24065934
10. Comorbidities rather than older age define outcome in adult patients with tumors of the Ewing sarcoma family / J. K. Striefeler, M. Schmiester, F. Brandes [et al] // Cancer Med. — 2022. — № 11(17). — P. 3213–3225. doi: 10.1002/cam4.4688
11. Comparison of clinical features and outcomes in patients with extraskeletal vs skeletal Ewing sarcoma: an SEER database analysis of 3,178 cases / S. Jiang, G. Wang, J. Chen. [et al] // Cancer Manag Res. — 2018. — №10. — P. 6227–6236.
12. Congenital Cutaneous Peripheral Primitive Neuroectodermal Tumor (pPNET) of Scalp: Youngest Case So Far / P. Kumar, S. S. Panda, S. Singh, Y.K. Sarin // J Indian Assoc Pediatr Surg. — 2021. — №26(1). — P. 60–62. doi: 10.4103/jiaps.JIAPS_68_20.
13. CT and MRI features in 22 cases of primary malignant thymic germ cell tumours / Y.C. Hu, S.Z. Wang, G. Xiao [et al] // Clin Radiol. — 2022. — № 77(5). — P. 390–398. doi: 10.1016/j.crad.2022.01.047
14. Design, synthesis and biological evaluation of Nucleosidic CD99 inhibitors that selectively reduce Ewing sarcoma viability / K. Balaraman, E. Deniz, E. Nelson [et al] // Eur J Med Chem. — 2023. — May 5;251:115244. doi: 10.1016/j.ejmech.2023.115244.
15. Durer S, Shaikh H. Ewing Sarcoma. [Updated 2022 Mar 7]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559183/>
16. Endolymphatic sac tumour: exploring the role of CT and MRI features in the diagnosis of 22 cases / Y. Geng, X. Gu, M. Lin [et al] // Clin Radiol. — 2022. — №77(8). — P. 592–598. doi: 10.1016/j.crad.2022.04.010
17. Ewing's Sarcoma of the Breast in a Young Woman: A Case Report and Review of the Literature / S. Papi, F. Combi, S. Segattini [et al] // Front Oncol. — 2022. — Jul 12;12:915844. doi: 10.3389/fonc.2022.915844.
18. Ewing's Sarcoma/Peripheral Primitive Neuroectodermal Tumors in Bronchus / J. Chen, T. Yuan, X. Liu [et al] // Am J Med Sci. — 2019. — №357(1). — P. 75–80. doi: 10.1016/j.amjms.2018.08.009
19. Giant primitive neuroectodermal pelvic tumour: a case report and literature review / Y.W. Zhang, W.H. Xia, W.C. Gao [et al] // J Int Med Res. — 2020 Jun;48(6):300060520906747. doi: 10.1177/0300060520906747.
20. Immunophenotypic Characterization of Germ Cell Tumor-Derived Primitive Neuroectodermal Tumors: Evidence for Frequent Neuronal and/or Glial Differentiation / M.J. Magers, C.M. Perrino, T.M. Ulbright, M.T. Idrees // Arch Pathol Lab Med. — 2021. — № 145(8). — P. 953–959. doi: 10.5858/arpa.2020-0352-0A
21. Kalantari M. Peripheral Primitive Neuroectodermal Tumor (pPNET) of the Parotid: Report of a Rare Case / M. Kalantari, P. Deyhimi, P. Kalantari // Arch Iran Med. — 2015. — №18(12). — P. 858–860.
22. Khalid H. Esophageal extraskeletal neoplasm Ewing's sarcoma: Case report / H. Khalid, N. Hussain, R. Shamshad // Int J Surg Case Rep. — 2022. — Aug;97:107399. doi: 10.1016/j.ijscr.2022.107399
23. Novel prognostic biomarkers, METTL14 and YTHDF2, associated with RNA methylation in Ewing's sarcoma / J. Jiang, Q. Fan, H. Qu [et al] // Sci Rep. — 2022. — №12(1). — P. 7041. doi: 10.1038/s41598-022-06744-0.
24. Peripheral primitive neuroectodermal tumor: a case report / A. Keka-Sylaj, A. Ramosaj, A. Baloku [et al] // J Med Case Rep. — 2022. — №16(1). — P. 128. doi: 10.1186/s13256-022-03354-2.
25. Peripheral primitive neuroectodermal tumors: A retrospective analysis of 89 cases and literature review / L. Gao, Y. Zhu, X. Shi [et al] // Oncol Lett. — 2019. — №18(6). — P. 6885–6890. doi: 10.3892/ol.2019.11011.
26. Primary Intra-abdominal Ewing's Sarcoma in Adults: A Multimodality Imaging Spectrum / S. Revannagowda, K. Gangadhar, G. Akaike, M. Dighe // Curr Probl Diagn Radiol. — 2020. — № 49(2). — P. 133–139. doi: 10.1067/j.cpradiol.2018.12.009

27. Primitive neuroectodermal tumor of the pancreas / T.G. Achufusi, R. Sohal, E. Zamora [et al] // Proc (Bayl Univ Med Cent). — 2020. — №34(1). — P. 144–145. doi: 10.1080/08998280.2020.1826760.
28. Primitive neuroectodermal tumor/Ewing's sarcoma in adult uro-oncology: A case series from a developing country / R. Mohsin, A. Hashmi, M. Mubarak // Urol Ann. — 2011. — №3(2). — P. 103–107. doi: 10.4103/0974-7796.82180
29. Primitive neuroectodermal tumors: a clinical and radiological analysis of six cases / J. Liu, Y.L. Zhao, S.Q. Song [et al] // Quant Imaging Med Surg. — 2019. — № 9(4). — P. 722–729. doi: 10.21037/qims.2019.03.16.
30. Rahbar M. Peripheral primitive neuroectodermal tumor associated with paraneoplastic Cushing's syndrome: The rare case / M. Rahbar, M. Rahbar, G. Bahoush // Ann Med Surg (Lond). — 2018. — №37. — P. 21–24. 10.1016/j.amsu.2018.11.018
31. Tan J. Ewing's sarcoma/primitive neuroectodermal tumor (ES/PNET) of the bladder in an adolescent: a case description / J. Tan, J. Liang, L. Lu // Quant Imaging Med Surg. — 2023. — №13(4). — P. 2758–2762. doi: 10.21037/qims-22-867.
32. Tang W. Neural crest lineage analysis: from past to future trajectory / W. Tang, M.E. Bronner // Development. — 2020. — №147(20):dev193193.
33. The Diagnosis and Treatment of Osteosarcoma and Ewing's Sarcoma in Children and Adolescents / K. Zarghooni, G. Bratke, P. Landgraf [et al] // Dtsch Arztebl Int. — 2023. — 16;(Forthcoming):arztebl.m2023.0079. doi: 10.3238/arztebl.m2023.0079
34. Yagnik V.D. Extraskelatal Ewing's sarcoma/peripheral primitive neuroectodermal tumor of the small bowel presenting with gastrointestinal perforation / V. D. Yagnik, S. Dawka // Clin Exp Gastroenterol. — 2019. — №25(12). — P. 279–285. doi: 10.2147/CEG.S203697.
35. ZEB1 как дополнительный предиктор опухолевой прогрессии при саркоме Юинга. Результаты морфологического исследования на популяции детского и подросткового возраста / О.И. Кит, Д.Ю. Юрченко, Е.П. Ульянова [и др.] // Российский журнал детской гематологии и онкологии. — 2020. — Т. 7. — № 3. — С. 39–46.

© Трофименко Юрий Геннадьевич (trophygen@mail.ru); Завьялов Александр Александрович; Степаняц Николай Георгиевич;
Панасенко Валерий Александрович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abbasova Zumrud Ismail — PhD, associate professor, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Institute of Botany, Baku, Azerbaijan

Aceh T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Maykop State Technological University

Ageev K. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Akkizov A. — candidate of biological sciences, associate professor, Kabardino-Balkarian state university named after H.M. Berbekov, Nalchik

Al Janzeer Munif Zualfekar — Graduate student, Belgorod State National Research University

Al-Maawi Hayder Muayad Ahmed — Graduate student, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Al-Obaidi Ameer Mohammed Jasim — Graduate student, Belgorod State National Research University, Belgorod

Andreev A. — Russian University of Technology

Andrianov A. — Moscow State Technical University. names Bauman

Astafyev I. — MIREA — Russian Technological University

Babukov R. — cardiologist, doctor of ultrasound diagnostics FTSSh

Balter R. — Candidate of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University

Bartosh F. — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of the FCSSH.

Bazylev V. — Doctor of Medical Sciences, Prof., Cardiovascular Surgeon, Ch. FCSS doctor.

Berdysh D. — Assistant, Maykop State Technological University

Bordan N. — PhD, research associate at the Institute of Plastic Surgery and Cosmetology

Borzykh N. — Postgraduate student, RTU MIREA,

Brattsev K. — candidate of technical sciences, docent, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Our authors

Bystrov D. — Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular surgeon of the cardiac surgery department, State Medical Institution of the Arkhangelsk region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich»

Dmitrieva E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor Kursk State University

Dolzhenkov S. — assistant, MIREA — Russian Technological University

Dzyubuk I. — candidate of biological sciences, assistant professor, Petrozavodsk State University

Ermolatiy D. — Head of the ISO, Sector of the Federal State Budgetary Institution of the Ministry of Labor of Russia

Ershov V. — Senior Lecturer, ICTIB SFU

Filatov V. — PhD (technical sciences), associate professor, Russian Technological University MIREA

Gadimov A. — PhD, associate professor, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Institute of Botany, Baku, Azerbaijan

Ganizade Sima Irshad — PhD, associate professor, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Institute of Botany, Baku, Azerbaijan

Garaev R. — Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Gasimova G. — Ph.D. in Biology, Leading Researcher of the Institute Botany Ministry of Science and Education, Baku, Azerbaijan

Gavretskaya A. — ITMO University

Glugovskaya E. — Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenetsky

Golya R. — postgraduate student, Russian New University

Goncharov A. — candidate of technical sciences, docent, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Gorin D. — Associate Professor, MIREA — Russian Technological University

Goryachkin B. — candidate of technical Sciences, associate Professor, Moscow State Technical University names Bauman

Grigoriev V. — Web-designer, interface designer, Self-employment

Ibragimova A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University

Ilchenko O. — Candidate of Medical Sciences, Obstetrician-gynecologist of GBUZ SB SGP No. 3, Russia, Samara

Ivanov G. — PG student, Perm National Research Polytechnic University

Ivanova T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University

Kamenskikh A. — Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University

Karev A. — MIREA — Russian Technological University

Karnakhin V. — Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgeon, FCSSH

Kazikhanov A. — Kazan State Power Engineering University

Khakhina A. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Kolchugina G. — PhD, Associate Professor, Orenburg State Medical University

Komarov R. — Doctor of Medical Sciences, Professor, The Clinic of Aortic and Cardiovascular Surgery Chef, FSAOU VO I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia

Korovin E. — Doctor of Technical Sciences, Professor at Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation.

Koryagin S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Technological University MIREA

Kostenko O. — PhD, Associate Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Kravtsova Y. — RTU MIREA

Krivososova M. — Postgraduate Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Kryazhin A. — Russian University of Technology

Kulikov A. — D. in Technical Sciences, Associate Professor, RTU MIREA, Moscow, Russia

Kungurov S. — PhD, Associate Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Kuzminsky K. — Pacific State University

Levina A. — doctor of ultrasound diagnostics FCSSH

Lisyutenko A. — senior lecturer, MIREA — Russian Technological University

Matsuganov D. — Cardiovascular surgeon of the cardiac surgery department, State Medical Institution «Chelyabinsk Regional Clinical Hospital»

Mavleev R. — Kazan State Power Engineering University

Mishchenko O. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Pacific State University

Molodkina N. — Candidate of Science, Associate Professor, ITMO University

Mozhaev D. — Moscow State Technical University. names Bauman

Naumov I. — Engineer, ITMO University

Nazarov A. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Nikolaev E. — Postgraduate student, ITMO University

Nuzhdin M. — Candidate of Medical Sciences, Cardiac Surgery Department Chef, Cardiovascular surgeon, State Medical Institution «Chelyabinsk Regional Clinical Hospital»

Osinkina T. — PhD, Associate Professor, Orenburg State Medical University

Ostapenko A. — senior lecturer, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Panasenko V. — MBU INO FSBI SSC FMBC named after A.I. Burnazyan FMBA of Russia

Perebora E. — Candidate of Biological Sciences, Kuban State Agrarian University, Krasnodar

Petrenko A. — undergraduate, Moscow State Technical University names Bauman

Pimanov A. — Technical Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov», Neryungri

Platoshin A. — RTU MIREA

Ponomareva E. — Orenburg State Medical University

Prusova E. — RTU MIREA

Pshikova O. — doctor of biological sciences, professor, Kabardino-Balkarian state university named after H.M. Berbekov, Nalchik

Ragimova Samira Natig — Assistant, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan

Rusakov A. — Senior Lecturer, Russian Technological University MIREA

Ryabov A. — Applicant, Samara State Medical University

Ryasyanov T. — Senior Lecturer, Pacific State University

Safin M. — Candidate of Technical Sciences, Kazan State Power Engineering University

Selivanova E. — RTU MIREA

Shaov M. — doctor of biological sciences, professor, Kabardino-Balkarian state university named after H.M. Berbekov, Nalchik

Shestel A. — ITMO University

Shugusheva L. — candidate of agricultural sciences, associate professor, Kabardino-Balkarian state university named after H.M. Berbekov, Nalchik

Smirnov M. — Candidate of Economics, Associate Professor, RTU MIREA

Smolentseva T. — Doctor of Technical Sciences, Professor, RTU MIREA,

Stepanyants N. — Ph.D. of Medical Sciences., assistant professor, MBU INO; Head of the Oncology Department of Surgical Methods of Treatment, SRC-FMBC

Stupakov V. — Candidate of Pedagogical Sciences, Rostov Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation

Sukovatkin S. — Postgraduate student, Yaroslav the Wise Novgorod State University; Head of the Vascular Surgery Department of the GOBUZ «Novgorod Regional Clinical Hospital»

Sulimanov R. — MD, Professor, NovSU; Head of the Department of Thoracic Surgery GOBUZ «Novgorod Regional Clinical Hospital»

Sunsheva B. — candidate of biological sciences, associate professor, Kabardino-Balkarian state university named after H.M. Berbekov, Nalchik

Suzdaltsev S. — Postgraduate student, NovSU; cardiovascular surgeon of the Department of Vascular Surgery of GOBUZ «Novgorod Regional Clinical Hospital»

Suzdaltseva O. — Yaroslav the Wise Novgorod State University

Tepsikoev S. — RTU MIREA

Tetruashvili E. — Senior Lecturer, ICTIB SFU

Tindikova S. — Yaroslav the Wise Novgorod State University

Tishchenko V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Pacific State University

Trofimenko Yu. — Ph.D. of Medical Sciences, assistant professor, MBU INO; Senior Oncologist, Oncology Department of Surgical Methods of Treatment, SRC-FMBC

Tselkovich L. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University

Tyumina O. — Doctor of Medical Sciences, Chief Physician of the Medical Center «Dynasty», Russia, Samara

Ulengova T. — Senior Lecturer, Pacific State University

Vlasov Yu. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Customs Academy

Yakunina A. — RTU MIREA

Yashkov Yu. — MD, PhD, Professor at the Center for Endosurgery and Lithotripsy

Yuzhakov A. — Perm National Research Polytechnic University

Zalivin A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

Zavyalov A. — M.D., Professor, MBU INO FSBI SSC FMBC named after A.I. Burnazyan FMBA of Russia

Zherdeva S. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Engineer for Environmental Protection (ecologist) of the regional state institution «Directorate for the Management of Specially Protected Natural Territories of the Kursk Region»

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).