

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№9 2021 (СЕНТЯБРЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

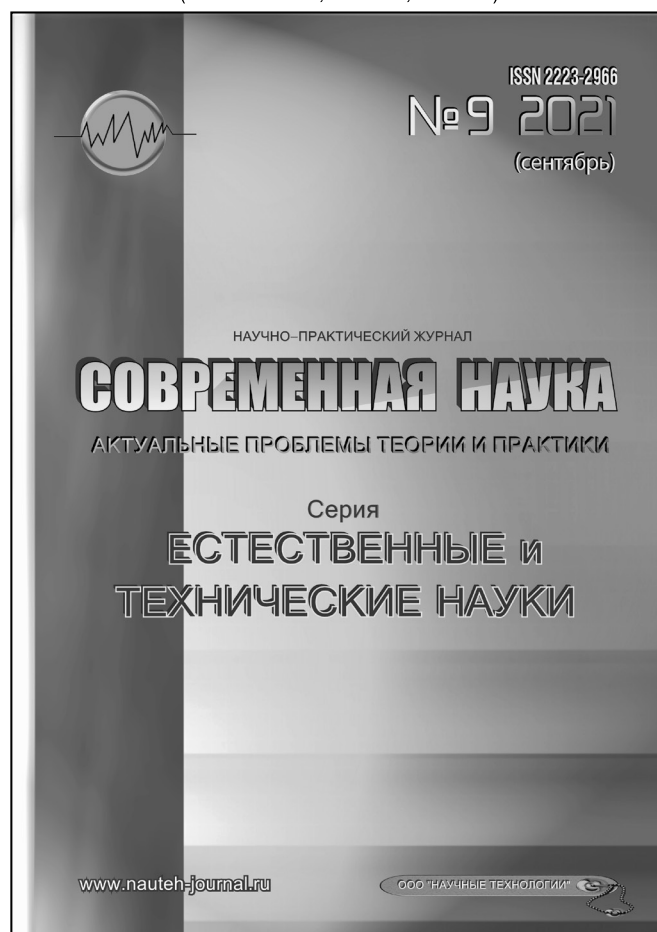
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 24.09.2021 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Белик А.В., Горбунова Ю.С. — Гидрохимические показатели экологического состояния старичных водоемов среднего течения реки Дон в пределах Воронежской области
Belik A., Gorbunova Yu. — Hydrochemical indicators of the ecological state of oxbow lakes in the middle current of the Don river in the Voronezh region 6

Гусейнова Г.И., Гасанова А.Р., Сулейман Ф.М., Гашимова П.М. — Некоторые особенности протеолитической активности ксилотрофных макромицетов
Huseynova G., Hasanova A., Suleyman F., Hashimova P. — Some features of the proteolytic activity of xylophilic macromycetes 11

Здюмаева Н.П., Озерецковская Е.В. — Особенности гематологических и биохимических показателей кроликов с разным генотипом в условиях интенсивной технологии
Zdyumaeva N., Ozeretskovskaya E. — Peculiarities of hematological and biochemical indicators of rabbits with different genotypes under the conditions of intensive technology 15

Карев А.Н., Тюрин М.П. — Эффективность использования аппаратов мокрой очистки выбросных газов в промышленности
Karev A., Tjurin M. — Efficiency of use of devices of wet cleaning of exhaust gases in the industry 19

Информатика, вычислительная техника и управление

Абляев М.Р. — Способы реализации клиент-серверных приложений потоковой передачи данных на основе TCP протокола
Ablyayev M. — Methods for implementing client-server data streaming applications based on the TCP protocol 26

Андрейченко Д.К., Сафрончик М.И. — Моделирование этапа развития течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости
Andreichenko D., Safronchik M. — Modeling of the stage of development of the flow of a viscoplastic medium along an inclined plane 31

Гофман М.В. — Комплексный метод позиционирования маркированными аудиосигналами в помещении
Gofman M. — Comprehensive indoor positioning with watermarked digital audio signals 37

Игнатъев Д.А. — Разработка самообучающейся модели сбора и обработки информации на графическом процессоре для распознавания многопараметрических объектов
Ignatiev D. — Development of a self-learning model of collection and processing of information on a graphic processor for recognizing multi-parameter objects 42

Калиберда И.В. — Описание устойчивости гидродинамической системы с использованием частотного метода синтеза многомерных систем на примере месторождения «Верхнеберезовская площадь»
Kaliberda I. — Description of the stability of a hydrodynamic system using the frequency method of synthesis of multidimensional systems on the example of the «Verkhneberozovskaya ploshchad deposit» 48

Кравцов А.А., Крюков А.А. — Риски оборонных предприятий и их проявление на различных этапах жизненного цикла изделий
Kravtsov A., Kryukov A. — Risks of defense enterprises and their manifestation at different stages of the product life cycle 55

Кузин Д.А., Даниленко И.Н. — Открытые данные в российской системе образования
Kuzin D., Danilenko I. — Open data in the Russian education system. 61

Прокопьев А.П., Набижанов Ж.И., Емельянов Р.Т., Иванчура В.И. — Новый метод нейросетевой системы контроля уплотнения асфальтобетонных смесей <i>Prokopen A., Nabizhanov Zh., Emelyanov R., Ivanchura V.</i> — A new method of neural network system for monitoring of asphalt mixtures compaction65	Жалилов А.К. — Повторное коронарное шунтирование миокарда на работающем сердце у пациента с острым коронарным синдромом (клинический случай) <i>Jalilov A.</i> — Redo coronary bypass infarction after acute coronary syndrome in the working heart.....103
Романов В.А., Прусс Б.Н., Прозоров Я.С., Моисеев Г.Д. — Разработка информационной системы расчета необходимого количества дереворежущего инструмента на лесопильных предприятиях <i>Romanov V., Pruss B., Prozorov Ya., Moiseev G.</i> — Development of an information system for calculating the necessary amount of wood cutting tools at logs.....70	Жулев Е.Н., Голдобина П.В., Николаева Е.Ю. — Методика определения типа роста лицевого скелета <i>Zhulev E., Goldobina P., Nikolaeva E.</i> — Method for determining the type of growth of the facial skeleton108
Семидоцкий Д.В. — PdM – как эффективный подход технического обслуживания <i>Semidotskiy D.</i> — PdM – as an effective technical approach service.....77	Калиматова Д.М., Доброхотова Ю.Э. — Патогенез и методы лечения инфертильности при эндометриозе (обзор литературы) <i>Kalimatova D., Dobrokhotova Yu.</i> — Pathogenesis and methods of infertility treatment in endometriosis (literature review).....114
Чернов Д.В. — Методики оценки угроз безопасности информации автоматизированных систем управления технологическими процессами <i>Chernov D.</i> — Methods for assessing information security threats of automated process control systems81	Колесников О.Л., Колесникова А.А., Тарабрина Ю.О. — Противовоспалительное действие ингибиторов натрий-глюкозного котранспортера 2 (обзор литературы) <i>Kolesnikov O., Kolesnikova A., Tarabrina Yu.</i> — Anti-inflammatory effect of sodium-glucose cotransporter-2 inhibitors (literature review).....120
Клиническая медицина	
Бисемалиева Х.Ф., Ступин А.О. — Значение онкологической настроженности в практической медицине <i>Bisemaliev Kh., Stupin A.</i> — The importance of oncological verification in practical medicine.....88	Колесникова А.А., Колесников О.Л., Тарабрина Ю.О. — О влиянии ингибиторов натрий-глюкозного котранспортера 2 на состояние митохондрий и активность аутофагии <i>Kolesnikova A., Kolesnikov O., Tarabrina Yu.</i> — On the influence of sodium-glucose cotransporter 2 inhibitors on the state of mitochondria and the activity of autophagy125
Буданова М.А. — Оценка причин снижения овариального резерва у женщин репродуктивного возраста <i>Budanova M.</i> — Assessment of the reasons of decreasing ovarian reserve in reproductive age women94	Копытов А.А., Юшманова Т.Н., Миняйло Ю.А., Скрипова Н.В., Тихонов В.Н. — К вопросу о повышении эффективности реабилитации больных, нуждающихся в съёмном протезировании (исследование in vitro) <i>Kopytov A., Yushmanova T., Minyailo Yu., Skripova N., Tikhonov V.</i> — To the question how to increase the efficiency of rehabilitation among patients who need in removable dentures (in vitro study).....130

<i>Перисаева Э.А., Кульчиев А.А.</i> — Отдаленные результаты хирургического лечения постъязвенного стеноза пилорического канала <i>Perisaeva E., Kultchiev A.</i> — Long-term results of surgical treatment of post-ulcerative stenosis of the pyloric canal134	<i>Шулукян З.Е.</i> — Особенности анамнеза, состояния соматического и гинекологического здоровья женщин с менопаузальным метаболическим синдромом <i>Shulukian Z.</i> — Features of the anamnesis, the state of somatic and gynecological health of women with menopausal metabolic syndrome145
<i>Серикова О.В.</i> — Физические методы в лечении пациентов с проявлениями красного плоского лишая на слизистой оболочке полости рта <i>Serikova O.</i> — Physical methods in the treatment of patients with manifestations of lichen planus on the oral mucosa140	Информация Наши авторы. Our Authors151 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале153

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАРИЧНЫХ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ДОН В ПРЕДЕЛАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE ECOLOGICAL STATE OF OXBOW LAKES IN THE MIDDLE CURRENT OF THE DON RIVER IN THE VORONEZH REGION

**A. Belik
Yu. Gorbunova**

Summary. The results of studies of hydrochemical indicators of the ecological state of floodplain water bodies in the middle reaches of the river are presented. Don located in the Ramonsky district of the Voronezh region. The features in the seasonal dynamics of the main hydrochemical characteristics of floodplain lakes are shown, taking into account the change in the water level in the Don River. Revealed the dependence of a number of indicators on the meteorological features of the year. In the studied lakes, an increase in permanganate oxidizability, BOD5, the content of ammonium and nitrate nitrogen, and a decrease in the content of dissolved oxygen.

Keywords: floodplain, floodplain lakes, oxbow, surface waters, hydrochemical indicators, overgrowth of floodplain lakes.

Белик Антон Викторович

*К.б.н., доцент, Воронежский государственный университет
abelik36@gmail.com*

Горбунова Юлия Сергеевна

*К.б.н., доцент, Воронежский государственный университет
gorbunova.vsu@mail.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследований гидрохимических показателей экологического состояния пойменных водоемов среднего течения р. Дон, расположенных в Рамонском районе Воронежской области. Показаны особенности сезонной динамики основных гидрохимических характеристик пойменных озер с учетом изменения уровня воды в реке Дон. Выявлена зависимость ряда показателей от метеорологических особенностей года. В исследованных озерах отмечено повышение перманганатной окисляемости, БПК5, содержания аммонийного и нитратного азота и снижение содержания растворенного кислорода.

Ключевые слова: пойма, пойменные озера, старица, поверхностные воды, гидрохимические показатели, зарастание пойменных озер.

Введение

Речные поймы традиционно принято характеризовать как слабо устойчивые к воздействию человека природные системы. Периодическое затопление поймы в сочетании с особенностями микроклимата создают благоприятные условия для загрязнения ее биогенными элементами и поллютантами [2, 3, 5–7]. Необходимо отметить, что нередко пойменные ландшафты активно используются человеком, как в сельскохозяйственном производстве, так и в рекреационной деятельности и для них харак-

терным является активное развитие деградационных процессов [1, 7]

Одним из потенциальных комплексных индикаторов, по которому можно делать определенные выводы о состоянии речной поймы является наличие и функционирование старичных водоемов. Они, вместе с почвенным покровом выступают как специфический фильтр загрязняющих веществ, поступающих с поверхностным и внутрипочвенным стоком с водоразделов, сохраняя при этом связи с подземными и грунтовыми водами. Как следствие они в значительной степени из-

меняют микроклиматические условия и гидрологический баланс территории, в пределах которой эти водоемы располагаются [2, 3, 11–12].

В условиях Воронежской области пойменные озера, характерные для наиболее крупных рек: Дон, Воронеж, Битюг, Хопер, испытывают очень серьезное антропогенное давление, связанное с хозяйственной и рекреационной деятельностью [1, 5–8, 12].

Цель данной работы заключается в исследовании сезонной динамики наиболее значимых гидрохимических характеристик старичных озер Рамонского района Воронежской области: Стрелецкое, Кужное, Круглое, находящиеся на небольшом расстоянии друг от друга и некогда формировавших русло реки Дон.

Объекты и методы исследования

Гидрохимические исследования пойменных водоемов проводилось в осенью 2016 и весной 2017 гг. Это позволило рассмотреть динамику гидрохимических характеристик водоемов в период летне-осенней межени и в период весеннего половодья. Объектами исследования являются старичные озера, расположенные в пойме реки Дон: Стрелецкое, Кужное, Круглое. Все обследованные озера по морфометрической классификации относятся к очень малым [9].

Отбор проб, осуществлялся исходя из требований государственного стандарта «ГОСТ 31861–2012 Вода. Общие требования к отбору проб» [4]. Последующий лабораторный анализ гидрохимических показателей осуществлялся по стандартным лабораторным методикам. В отобранных пробах определялись: pH — потенциометрическим методом, содержание растворенного кислорода и БПК₅ по Винклеру, перманганатная окисляемость — титриметрическим методом, общая жесткость, содержание ионов кальция и магния — комплексонометрически, сульфат-ионы — турбидиметрическим методом, хлорид-ионы — аргентометрическим методом, общее железо, нитрат- и нитрит-ионы — фотоколориметрически. Сухой остаток определялся гравиметрически [10].

Озеро Стрелецкое находится на западе Рамонского района, вблизи села Медовка. Длина его составляет 780 м, площадь — 14598 м² (0,015 км²). Средняя глубина озера — около 1,0 м в меженный период. Озеро имеет вытянутую с севера на юг форму, характерную для старичных водоемов. Озеро активно используется для рекреации, активно очищается и поэтому процессы зарастания в значительной степени заторможены.

Озеро Кужное расположено на юго-западе Рамонского района вблизи села Новоподклетное. Озеро распо-

ложено в 10,7 км к югу относительно озера Стрелецкое. Длина озера — 853 м, площадь — 45530 м² (0,046 км²). Озеро имеет дугообразную форму с сужением в южной части, вызванной интенсивным зарастанием. Средняя глубина озера составляет 1,5 м в меженный период.

Озеро Круглое расположено в микрорайоне Подгорное городского округа г. Воронеж в 2,1 км южнее озера Кужное. Ранее территория, на которой расположено озеро административно относилась к Рамонскому и Семилукскому районам Воронежской области. Дли-

на озера составляет 7004 м, Общая площадь — 67030 м² (0,067 км²). Глубина варьирует от 2 до 5 м. Озеро имеет хорошо выраженную дугообразную форму, в центральной части озера имеется плотина, делящая озеро на две половины: северную и южную.

Осенью 2016 года была предпринята незаконная попытка осушить озеро Круглое. В результате к моменту прекращения работ средний уровень воды в озере в среднем снизился на 1 м. Экосистемам поймы реки Дон и непосредственно самой реке был нанесен существенный ущерб. В 2018 году озеру Круглое и территории к нему прилегающей был придан статус памятника природы регионального значения.

Результаты и обсуждение

Проведенный лабораторный анализ объектов исследования показал, что по большинству основных гидрохимических показателей в нормативные значения предельно допустимых концентраций не превышаются. В то же время различная степень зарастания озер в сочетании с метеорологическими условиями и уровнем антропогенного воздействия определило своеобразие динамики гидрохимических показателей.

В осенний период значения pH на всех объектах мало отличались между собой (табл. 1), по-видимому, повышение pH связано было с ростом общей жесткости и минерализацией в летне-осенний сухой период.

При этом в наибольшей степени этот показатель снижался на наименее заросшем Стрелецком озере (падение составило 0,9), а в наименьшей степени на заросшем озере Кужном (с 7,7 до 7,5). В значительной степени стабильность этого показателя в случае Кужного определяется интенсивным поступлением органических соединений в половодье с сельскохозяйственных угодий и значительным поверхностным стоком с надпойменной террасы при снеготаянии.

С показателем кислотности тесно связана общая жесткость воды и содержание ионов кальция и маг-

Таблица 1. Результаты химического анализа за период осень-весна

Название объекта	Стрелецкое		Кужное		Круглое		ПДК _{рх}
	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	
рН	7,9	7,0	7,7	7,5	7,7	7,2	9,0
Общая жесткость, мг-экв/дм ³	8,5	1,8	7,0	3,0	7,3	1,3	9,0
Ca ²⁺ , мг/дм ³	91,9	9,0	124,8	28,0	46,9	19,0	180,0
Mg ⁺ , мг/дм ³	47,0	16,4	9,3	20,2	60,0	4,2	40,0
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /дм ³	2,6	1,2	1,8	2,9	2,3	2,4	4,0
Растворенный O ₂ , мг/дм ³	2,9	16,0	2,4	10,7	2,5	21,6	6,0
БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³	3,9	5,7	2,9	7,3	7,0	7,0	4,0
Сухой остаток, мг/дм ³	28,0	43,4	48,0	43,6	31,0	40,6	1000
Cl ⁻ , мг/дм ³	2,8	12,4	2,9	12,4	9,4	15,4	350
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	2,4	11,5	0,6	0,8	4,5	7,4	500
Fe, мг/дм ³	1	0,5	1	0,1	0,6	0,3	0,3
NH ₄ ⁺ , мг/л	6,6	0,3	4,9	0,5	4,5	0,5	7
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	28,0	36,0	21,0	25,0	38,0	25,0	45

ния. Озера характеризуются в осенний период варьированием общей жесткости в интервале 7,0–8,3 мг-экв/дм³. Весной этот показатель на всех объектах снизился в 2,7–6 раз.

В первую очередь это связано с тем, что лето 2016 года отличалось засушливостью, обусловившим подтягивание к поверхности минерализованных грунтовых вод и повышением испарения с поверхности водных объектов, что вызвало концентрирование содержащихся в воде соединений кальция и магния. Весной вследствие снеготаяния произошло разбавление и снижение общей жесткости в 2–5 раз. Наибольшей жесткостью воды отличались озера с достаточно слабо выраженным зарастанием (Стрелецкое и Круглое) и сохранившие связь с грунтовыми водами в качестве источников, подпитывающих водоемы (табл. 1). Весной максимальная жесткость была характерна для озера Кужное — 3,0 мг-экв/дм³. В данном случае, по-видимому, жесткость в большей степени формировалась за счет поступления кальция и магния при с поверхностным стоком и в результате таяния снега.

По сезонной динамике жесткости и содержания ионов кальция и магния выявлены сходные тенденции. В осенний период наблюдается резкий рост концентрации кальция и магния, в весенний — отмечено резкое снижение (табл. 1).

Наиболее представительными гидрохимическими характеристиками вод пойменных водоемов следует признать содержание растворенного кислорода в воде, биохимическое потребление кислорода за 5 суток и перманганатную окисляемость.

Последняя характеризует интенсивность протекающих процессов окисления органических веществ, рост концентрации которых в пойменных озерах связан с их зарастанием. В осенний период отмечается снижение окисляемости от наиболее чистого к наиболее заросшему озерам (от 2,6 до 1,8 мг O₂/дм³). Это можно объяснить тем, что на Стрелецком и Круглом озерах идет весьма интенсивный процесс эвтрофикации, тогда как на озере Кужное достигнут определенный баланс между поступлением и разложением органических веществ. Весной наблюдалась обратная картина (максимальная величина окисляемости была характерна для озера Кужное, с незначительным снижением в воде Стрелецкого и Круглого озер).

По содержанию растворенного кислорода следует отметить, что в осенний период на всех озерах наблюдалось минимальное содержание кислорода, связанное с жарким летним периодом и интенсивным поступлением органических веществ. Общее содержание растворенного кислорода в обследованных объектах осенью было в 2–3 раза установленных нормативах ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (от 2,4 до 2,9 мг/дм³). В весенний период наблюдался резкий рост этого показателя (в 4–5 раз). Это связано с поступлением в водоемы снеговых вод, которые перенасыщены кислородом. При этом минимальное содержание растворенного кислорода наблюдалась наиболее заросшем озере Кужном — 10,7 мг/дм³, а максимальная величина на озере Круглое — 21,6 мг/д.

Похожая тенденция характерна и для сезонной динамики БПК₅. Максимальные значения этого показателя наблюдалось на озере Круглом и озере Стрелецком,

что подтверждалось визуально замором рыбы, на фоне явного дефицита растворенного кислорода в воде. Весной этот показатель закономерно возрастал в зависимости от степени зарастания, но при этом этот рост составил всего 1–2 мг/дм³ (табл. 1).

В исследуемых водоемах не было обнаружено превышения ПДК по хлоридам и сульфатам. В весенний период, после половодья количество хлоридов несколько выше (от 12,4 до 15,4 мг/дм³), по сравнению с летне-осенней меженью, когда содержание хлоридов в воде объектов исследования изменялось от 1,7 до 9,4 мг/дм³.

Содержание сульфатов в обследованных водоемах невелико (от 0,6 до 11,5 мг/дм³). Незначительное их увеличение приходится на весенний период, когда происходит снеготаяние, поскольку сульфат-ионы накапливаются в снеге за счет осаждения аэрозолей диоксида серы из воздуха вместе с пылью.

По содержанию железа норматив ПДК превышен во всех объектах исследования в осенний период (в среднем в 1,5 раза), что связано с динамикой содержания растворенного кислорода, поступлением и накоплением в воде органических растительных остатков. В весенний период наблюдается превышение ПДК только для Стрелецкого (в 1,5 раза).

Важными показателями, по которым можно судить о интенсивности зарастания озер, наряду с БПК, перманганатной окисляемостью и растворенным кислородом является содержание аммонийного и нитратного азота. Максимальные концентрации аммонийных ионов наблюдались осенью, в момент, когда шло интенсивное разложение органических веществ. При этом максимальное содержание аммонийного азота наблюдалось в озере Стрелецком (почти достигая значения ПДК), что свидетельствует об интенсификации процес-

сов зарастания на этом водоеме. Далее идет заросшее озеро Кужное и озеро Круглое (табл. 1).

В весенний период концентрация ионов аммония резко снижается, что связано с разбавлением в результате снеготаянием и торможением биохимических процессов в зимнее время.

По содержанию нитратного азота следует отметить, что для озер Стрелецкое (36,0 мг/м³) и Кужное (25,0 мг/м³) характерно увеличение их содержания весной по сравнению с осенью (28,0 и 21,0 мг/дм³ соответственно), а для Круглого снижение (25 мг/дм³).

Заключение

Пойменные водоемы являются важным элементом пойменных ландшафтов, осуществляющие функции регулирования микроклимата, гидрологического режима и продуктивности пойменных экосистем, при этом нередко являющиеся объектами рекреационного и хозяйственного использования.

Зарастание этих водоемов является по сути своей естественным процессом, в условиях антропогенного воздействия приобретает значительное ускорение, что отражается в целом на функционировании пойменного ландшафта.

Озера Стрелецкое, Круглое и Кужное, характеризуются различной степенью зарастания и различным использованием. В целом для этих водоемов характерно удовлетворительное состояние. В то же время для них, особенно для озера Стрелецкое, в осенний период характерен заметный рост перманганатной окисляемости, БПК₅, содержания аммонийного и нитратного азота и снижение содержания растворенного кислорода свидетельствует об активном развитии процессов зарастания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас-книга Воронежской области / под ред. Федотова. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. — 514с.
2. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм / Н.Б. Барышников. — М.: Гидрометеоздат, 1984. — 280 с.
3. Баянов Н.Г. Межсезонная динамика гидролого-гидрохимических показателей реки Керженец и ее стариц / Н.Г. Баянов, Т.В. Кривдина // Известия РАН. Серия географическая. — 2013. — № 2. — С. 52–67.
4. ГОСТ 31861–2012 Вода. Общие требования к отбору проб. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012. N1513-ст. Дата введения — 1 января 2014 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097520?section=operative> (дата обращения: 20.06.2021). — Текст: электронный.
5. Дмитриева В.А. Гидрологическая изученность Воронежской области. Каталог водотоков / В.А. Дмитриева. — Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. — 225 с
6. Дмитриева В.А. Гидрологическая роль озер и болот воронежской области / Дмитриева В.А. // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. — 2010. — № 1. — С. 98–101.
7. Добровольский Г.В. Поймы рек как ландшафты высокой плотности жизни и интенсивного почвообразовательного процесса / Г.В. Добровольский // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах: сборник статей. — Л., 1971. — С. 226–231.

8. Курдов А.Г. Гидрологические районы центрально-черноземных областей // Науч. основы рационального использования почв Черноземной зоны СССР и повышение их плодородия. Воронеж, 1966. Вып. 2. С. 103–106.
9. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер /Н.В. Мякишева.— СПб.: изд. РГГМУ, 2009.— 160 с.
10. Аналитический контроль окружающей среды: учебно-методическое пособие. Ч. 1. Вода / Е.А. Негрובה, Л.А. Алаева, А.В. Белик.— Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020.— 102 с.
11. Петрова Е.А. Особенности зарастания озер- стариц реки Суры // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева.— 2009.— № 3–4.— С. 77–83.
12. Печенюк Е.В. Динамика зарастания пойменных озер в Хоперском государственном заповеднике // Ботан. журн.— 1986.— Т. 71.— С. 637–642.

© Белик Антон Викторович (abelik36@gmail.com), Горбунова Юлия Сергеевна (gorbunova.vsu@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Воронежский государственный университет

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КСИЛОТРОФНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ

SOME FEATURES OF THE PROTEOLYTIC ACTIVITY OF XYLOTROPHIC MACROMYCETES

**G. Huseynova
A. Hasanova
F. Suleyman
P. Hashimova**

Summary. In the studies carried out, the assessment of the proteolytic enzyme system of xylophilic macromycetes of the forests of the Greater Caucasus in Azerbaijan was given. It was revealed that the proteolytic enzyme system of xylophilic macromycetes includes proteases that differ in activity, molecular weight and type. Despite the variation in the synthesis of the enzyme in these fungi depending on the carbon sources, its synthesis proceeds constitutively.

Keywords: xylophilic macromycetes, proteolytic enzymes, synthesis.

Гусейнова Гюльнар Иса гызы

Докторант, Институт Микробиологии НАН
Азербайджана, г. Баку
gulnar_muel@mail.ru

Гасанова Арзу Расул гызы

К.б.н., старший преподаватель, Сумгаитский
Государственный Университет, Азербайджанская
Республика, г. Сумгаит
arzu.h85@mail.ru

Сулейман Фарида Махир гызы

Докторант, Институт Микробиологии НАН
Азербайджана, г. Баку
s.feride.96@gmail.com

Гашимова Парвин Мирдадат гызы

Докторант, Институт Микробиологии НАН
Азербайджана, г. Баку
peri.omar87@gmail.com

Аннотация. В проведенных исследованиях дана оценка протеолитической ферментной системы ксилотрофных макромицетов лесов территории Большого Кавказа в Азербайджане. Выявлено, что протеолитическая ферментная система ксилотрофных макромицетов включает протеазы, различающиеся по активности, молекулярной массе и типу. Несмотря на варьирование синтеза фермента у этих грибов в зависимости от источников углерода, его синтез протекает конститутивно.

Ключевые слова: ксилотрофные макромицеты, протеолитические ферменты, синтез.

Известно, что ксилотрофные грибы играют важную роль в структуре растительных биоценозов. Так, эти грибы, имеющие сильную и многообразную ферментную систему, участвуют в деградации сложных полимеров, таких как целлюлоза, лигнин, пектин, гемицеллюлоза и белок, составляющих основу клеточной стенки растений [11]. В связи с этим ксилотрофные грибы привлекают внимание исследователей либо как возможный участник биоконверсии растительных субстратов, либо как продуцент того или иного фермента.

Биодеградация растительных субстратов в естественных условиях представляет собой многоступенчатый и полиферментный процесс, в котором участвуют как гидролазы, так и оксиредуктазы [7, 9]. В результате последовательного действия различных ферментов, выделяемых грибами вне клетки, молекулы субстратов разрушаются и образуются легко усваиваемые и низ-

комолекулярные олигомеры и мономеры, которые используются грибами для регулирования своего энергетического баланса.

На сегодняшний день исследования ксилотрофных грибов сосредоточены на изучении их целлюлолитической и лигнолитической активности [8, 10, 14, 15], но изучению других ферментов, в том числе протеаз, катализирующих гидролиз белков [2, 12], уделено недостаточное внимание.

Поэтому целью данной статьи является изучение условий, влияющих на синтез протеаз ксилотрофных макромицетов и их внеклеточную секрецию.

Eng. Life Sci. 2018, 18, 768–778
ignocellulose degradation: An overview of
fungi and fungal enzymes involved in
lignocellulose degradation

Таблица 1. Протеолитическая активность грибов

Использованные грибы	Активность (ед./мл)				
	Срок культивирования (дни)				
	2	4	6	8	10
<i>Bjerkandera adusta</i>	0,46	0,62	0,68	0,70	0,60
<i>Cerrena unicolor</i>	0,35	0,50	0,56	0,59	0,56
<i>Fomes fomentarius</i>	0,42	0,60	0,67	0,65	0,60
<i>Fomitopsis pinicola</i>	0,41	0,64	0,69	0,70	0,69
<i>Ganoderma applanatum</i>	0,23	0,38	0,52	0,64	0,61
<i>Laetiporus sulphureus</i>	0,32	0,57	0,74	0,73	0,60
<i>Ganoderma lucidum</i>	0,30	0,48	0,66	0,72	0,58
<i>Inonotus hisbidus</i>	0,52	0,65	0,70	0,70	0,62
<i>Trametes gibbosa</i>	0,29	0,41	0,52	0,60	0,61
<i>Fomitopsis pinicola</i>	0,37	0,53	0,60	0,61	0,56
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0,17	0,31	0,46	0,56	0,57

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

ignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation

Материалы и методы

В ходе работы было использовано 11 видов кислотолюбивых макромицетов, выделенных в чистую культуру [3] из плодовых тел грибов, отобранных в 2015–2021 гг. в лесах территории Большого Кавказа в Азербайджане и идентифицированных в соответствии с применяемыми для этой цели определителями [1]. Рабочие культуры хранили при 4 °С в пробирках с агаризованным солодовым сусло.

Выращивание грибов, изучение влияния питательных веществ на синтез и секрецию протеаз, определение активности протеаз [4] и содержания белка [6], а также частичную характеристику протеаз проводили по известным методам, используемым в работе различных авторов [2, 12].

При изучении влияния ингибиторов для цистеиновых протеаз использовался йодацетамид (ЙАА), для металлопротеаз — этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЕДТА), для сериновых протеаз — фенилметилсульфонилфторид (ФМСФ), хлорметилкетон тиозил-L-фенилаланин (ХМКТФ) и хлорметилкетон тиозил-L-лизин (ХМКТЛ).

Полученные результаты и их обсуждение

Результаты исследования внеклеточной протеолитической активности использованных грибов приведены в таблице 1. Как видно, все использованные грибы обладают протеолитической активностью. Для определения этой активности использовали синтетические субстраты (производные трипсина и субтилизина, а также азоказеин и желатин) для двух групп сериновых протеаз.

Среди грибов, у которых изучалась протеолитическая активность, можно выделить грибы, которые секретируют по крайней мере одну или несколько наиболее распространенных групп протеаз, различающихся по активности и молекулярной массе. Так, у грибов *F. pinicola*, *P. ostreatus* и *L. hisbidus* была идентифицирована одна группа протеаз (62 кДа), у *B. adusta*, *G. applanatum* и *T. gibbosa* — две группы протеаз (85–93 кДа и выше

Таблица 2. Влияние ингибиторов на активность экзопроtease ксилотрофных грибов

Ингибиторы	Концентрация, mM	Остаточная активность, %				
		<i>B.adusta</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>G.lucidum</i>	<i>L.sulphureus</i>	<i>T.gibbosa</i>
ЕДТА	10	14	80	43	47	72
ФМСФ	1	81	60	60	58	50
ХМКТФ	3	86	100	98	75	98
ХМКТЛ	2,5	93	94	96	83	97

95 кДа). Три группы протеаз обнаружены только у гриба *G.lucidum*, где молекулярная масса первой группы составляет 50 кДа, второй — 70 кДа, третьей — 95 кДа.

Следует отметить, что, в отличие от конкретных используемых синтетических субстратов, которые позволяют точно определять тип протеаз, определение активности непосредственно в гелях позволяет определять общую протеолитическую активность, способную гидролизовать белковые субстраты. Поэтому определение класса протеаз проводили с использованием белковых субстратов в присутствии ингибиторов (таблица 2). Как видно, в исследуемых грибах обнаружены как серин, так и металло-протеазы, но их пропорции могут варьироваться в зависимости от продуцента. Так, металлопротеиназы гриба *B. adusta* и сериновые протеазы гриба *T. gibbosa* имеют относительное преимущество.

Синтез того или иного фермента зависит от генотипа продуцента [5], но его реализация существенно зависит от условий выращивания и состава среды.

Исследования добавления различных источников углерода в среду показали, что для проявления высокого уровня протеолитической активности используемых ксилотрофных грибов использование белковых

веществ в качестве источника углерода не носит обязательного характера. Это говорит о том, что ксилотрофные макромицеты в отношении влияния добавления в среду белковых веществ на синтез протеаз отличаются от некоторых фитопатогенных и сапротрофных представителей микромицетов [2]. Однако, использование в качестве источника углерода моносахаридов, особенно добавление в среду фруктозы, приводит к определенному увеличению внеклеточной активности протеазы, но это увеличение не проявляется как повышение активности индуктивного фермента.

Проведенные исследования показали, что pH среды является одним из факторов, существенно влияющих на активность протеаз у ксилотрофных макромицетов. Это более выражено проявляется при изучении общей внеклеточной активности по азоказеину (рис. 1). Как видно, диапазон кислотности среды 5,0–6,5 является благоприятным для активного синтеза протеаз грибами, такая зависимость характерна и для таких представителей микромицетов, как *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea* и др. [13].

Таким образом, распространенные в Азербайджане ксилотрофные макромицеты могут активно синтезировать протеолитические ферменты, а их протеолитическая система включает как серин-, так и металло-протеазы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб.: Наука, 1998, вып. 2, 391с.
2. Дунаевский Я.Е. и др. Дегградация белковых субстратов ксилотрофными базидиомицетами//Микробиология, 2006, т. 75, № 1, с. 46–51.
3. Методы экспериментальной микологии (Под. ред. Билай В.И.) //Киев: Наукова думка, 1982, 500 с.
4. Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 240 с.
5. Мурадов П.З. Основы биологической конверсии растительных отходов. Баку: издательство "Наука", 2003, 114с. 1
6. Практикум по биохимии (Под ред. Н.П. Мешковой и С.Е. Северина.) М.: МГУ, 1979, 430 с.
7. Решетникова И.А. Деструкция лигнина ксилотрофными макромицетами. М.: Новинтех-Пресс, 1997, 202с.
8. Andlar, M., Rezić, T., Marđetko N. et al. Lignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation.// Eng Life Sci., 2018, 18(11), p.768–778.
9. Aro, N., Pakula, T., Penttilä, M. Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi.// FEMS Microbiology Reviews, 2005, v.29, iss. 4, p.719–739
10. Behera, B.C. Sethi, B.K., Mishra R.R. et al. Microbial cellulases — Diversity & biotechnology with reference to mangrove environment: A review//J Genet Eng Biotechnol.,2017, 15(1), p.197–210.

11. Choi, J., Kim, K.T., Jeon, J. et al. Fungal plant cell wall-degrading enzyme database: a platform for comparative and evolutionary genomics in fungi and Oomycetes.// BMC Genomics, 2013, 14, S7. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-S5-S7>
12. De Souza, P.M., de Assis Bittencourt, M.L, Caprara C.C. A biotechnology perspective of fungal proteases.//Braz J Microbiol., 2015, 46(2), p.337–346
13. Dunayevsky Y.E. et al. Regulation of secretion of extracellular proteases by filamentous fungus *Botrytis cinerea*.//J.Russian Phytopathol.Soc., 2001, v.2, N1, p.39–44.
14. Gupta, V.K., Kubicek, Ch.P. Berrin J.-G. et al. Fungal Enzymes for Bio-Products from Sustainable and Waste Biomass/ V.K. Gupta,] //Trends in Biochemical Sciences, July 2016, Vol. 41, No. 7, p.633–645
15. Kantharaj, P., Boobalan, B., Sooriamuthu S. et al. Lignocellulose Degrading Enzymes from Fungi and Their Industrial Applications// Int J Cur Res Rev, 2017, v. 9, iss. 21, p.1–11

© Гусейнова Гюльнар Иса гызы (gulnar_muel@mail.ru), Гасанова Арзу Расул гызы (arzu.h85@mail.ru),
Сулейман Фарид Махир гызы (s.feride.96@gmail.com), Гашимова Парвин Мирдадат гызы (peri.omar87@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Баку

ОСОБЕННОСТИ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОЛИКОВ С РАЗНЫМ ГЕНОТИПОМ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

PECULIARITIES OF HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF RABBITS WITH DIFFERENT GENOTYPES UNDER THE CONDITIONS OF INTENSIVE TECHNOLOGY

*N. Zdyumaeva
E. Ozeretkovskaya*

Summary. Modern industrial rabbit breeding is a source of a large number of stress factors, which are especially intense for young animals. Since the production of rabbit meat on industrial farms is based on obtaining interline and interbreed hybrids, the aim of the work was to study hematological and biochemical parameters in young rabbits with different genotypes under intensive technological conditions. Two groups of male young rabbits at the age of 77 days were formed for the work. The first group ($n = 19$) consisted of rabbits, which are the offspring of the parental female of the New Zealand White breed and the male of the Californian breed. The second group ($n = 21$) consisted of New Zealand males. Both groups of rabbits showed the presence of a stressful state in the animals' blood. However, a number of indicators showed statistically significant differences between the groups. In hybrid rabbits, more erythrocytes were noted (11% at $p < 0.001$), the concentration of hemoglobin (12% at $p < 0.001$) and total plasma protein (9% at $p < 0.001$) were higher. The fractional composition of proteins, suspension stability of blood and the activity of individual indicators of the coagulation system were also different, which has a significant effect on hemodynamic parameters in the microvasculature and the efficiency of metabolic processes. In general, the hematological and biochemical parameters of hybrid rabbits indicate their better adaptation to intensive technology.

Keywords: rabbits, blood, industrial rabbit breeding, technological stress, hematological parameters, biochemical parameters.

Здюмаева Наталья Петровна

*Д.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Костромская
Государственная Сельскохозяйственная Академия»
ztb_znp@mail.ru*

Озерецковская Елена Валентиновна

*Главный ветеринарный врач, ООО «Русский кролик»
vet@rus-krol.ru*

Аннотация. Современное промышленное кролиководство является источником большого количества факторов стресса, особенно интенсивному воздействию которых подвержен молодняк. Учитывая, что производство крольчатины на промышленных фермах основано на получении межлинейных и межпородных гибридов, целью работы было исследование гематологических и биохимических показателей у молодых кроликов с разным генотипом в условиях интенсивной технологии. Для работы были сформированы две группы самцов молодняка кроликов в возрасте 77 дней. Первую группу ($n=19$) составили кролики, являющиеся потомством родительской самки новозеландской белой породы и самца калифорнийской породы. Вторую группу ($n=21$) составили самцы новозеландской породы. Исследование крови кроликов в обеих группах показало наличие стрессового состояния у животных. Однако между группами были выявлены статистически значимые различия по ряду показателей. У гибридных кроликов отмечено больше эритроцитов (11% при $p < 0,001$), выше концентрация гемоглобина (12% при $p < 0,001$) и общего белка плазмы (9% при $p < 0,001$). Также отмечали различия во фракционном составе белков, суспензионной стабильности крови и активности отдельных показателей свертывающей системы, оказывающих существенное влияние на гемодинамические параметры в микроциркуляторном русле и эффективность обменных процессов. В целом, гематологические и биохимические показатели гибридных кроликов свидетельствуют об их лучшей адаптации к интенсивной технологии.

Ключевые слова: кролики, кровь, промышленное кролиководство, технологический стресс, гематологические показатели, биохимические показатели.

Введение

Кролиководство на сегодняшний день рассматривается в качестве перспективного направления мясного животноводства, имеющего большой потенциал наращивания темпов производства высококачественного мяса. Вместе с ростом его популярности растет спрос на ветеринарные услуги в отрасли,

включающие не только вакцинацию и лечение, но также и диагностику, одним из информативных методов которой остается анализ крови [10]. Являясь сложной биологической средой, связывающей все ткани и органы и выполняющей множество разных функций, кровь чутко реагирует на разного рода патологические процессы и стрессовые воздействия изменением содержания форменных элементов, белковых фрак-

ций и метаболитов. Однако большинство нормальных эталонных значений показателей крови, цитируемых в литературе, получены без учета особенностей кормления и режима содержания животных, а также других факторов, оказывающих существенное влияние на их количественные значения [9]. Интенсивные технологии в кролиководстве являются источником большего числа факторов стресса, что не может не отразиться на функциональном состоянии животных. Особенно подвержен технологическим стрессам молодняк, переживающий в первые месяцы жизни постоянные ветеринарные и зоотехнические манипуляции [5].

Учитывая, что на современных кролиководческих фермах производство крольчатины основано на получении межлинейных и межпородных гибридов, изучение особенностей крови у кроликов с разным генотипом при воздействии технологических стрессов является актуальной задачей.

Целью работы было оценить различия гематологических и биохимических показателей у молодых кроликов новозеландской белой породы и гибридного молодняка, полученного при скрещивании самок новозеландской белой породы с самцами калифорнийской породы в условиях интенсивной технологии.

Материал и методы исследования

Исследование проведено в условиях промышленной кроликофермы ООО «Русский кролик» Костромского района Костромской области. Племенное поголовье — линии калифорнийской породы — самки GPB и самцы GPA и линии породы новозеландская белая — самки GPD и самцы GPC, предприятие приобретает у постоянного партнера и поставщика французской компании «EUROLAP». В условиях фермы в результате размножения прародителей получают родительскую самку ♀HYLA NG новозеландской белой породы и самца ♂HYLA Max калифорнийской породы. Для исследования были сформированы две группы самцов молодняка кроликов в возрасте 77 дней. Первую группу (n=19) составили кролики, являющиеся потомством родительской самки ♀HYLA NG и самца ♂HYLA Max (четырёх-кроссовый гибрид, являющийся конечным продуктом в производстве мяса кроликов). Вторую группу (n=21) составили самцы молодняка кроликов HYLA NG новозеландской белой породы, самок которого оставляют на ремонт поголовья на ферме.

Кровь брали из краевой ушной вены. Гематологические показатели: концентрацию гемоглобин (Hb), общее количество эритроцитов (N_{rbc}), гематокритный показатель (Ht), эритроцитарные индексы (MCV, MCH,

MCHC) исследовали на автоматизированном гематологическом анализаторе.

Лейкоцитарную формулу крови определяли подсчетом клеток в окрашенных мазках.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли методом Панченкова. Для исключения влияния на СОЭ гематокритного показателя крови рассчитывали показатель агрегации (ПА) в виде отношения объема эритроцитов, полученного в результате центрифугирования, к объему, занимаемому эритроцитами после 60 минут осаждения в покое.

Общий белок определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе с использованием диагностических наборов реагентов. Белковые фракции исследовали методом электрофореза в агарозном геле. Рассчитывали альбумин-глобулиновый коэффициент. Показатели гемостаза (активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновое время (ПВ), содержание фибриногена) исследовали на гемостазиометре.

Статистическая обработка результатов выполнена с применением пакета программ «Statistica 6.0». Достоверность различий между группами, определяли с использованием параметрического t – критерия Стьюдента. Результаты в таблицах представлены в виде ($M \pm SEM$), где M — среднее, SEM — стандартная ошибка среднего.

Результаты исследований и обсуждение

Анализ морфологических показателей крови выявил особенности, характерные для животных в условиях промышленной кроликофермы. Более низкие значения уровня гемоглобина и эритроцитов по сравнению с нормальными показателями кроликов аналогичной породы при иных условиях содержания, по мнению ряда исследователей свидетельствуют о наличии стрессового состояния, связанного с интенсивной технологией [8]. Известно, что гематологические показатели являются важным звеном в формировании метаболического статуса организма при стрессе, поскольку ограничение доставки кислорода к тканям за счет кислородтранспортной функции играет важную роль в механизме формирования долговременной адаптации к стрессовому воздействию [2]. К неспецифической реакции на стресс можно также отнести и особенности лейкоцитарной формулы крови. В обеих группах животных отмечено преобладание нейтрофилов. Однако в целом, процентное соотношение разных форм лейкоцитов находилось в пределах физиологической нормы,

Таблица 1. Гематологические показатели

Показатель	Гибридные кролики (n=19)	Кролики новозеландской белой породы (n=21)
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,03±0,12*	4,57±0,06
Гемоглобин, г/л	97,20±2,20*	85,50±1,70
Гематокрит,%	30,67±0,34*	29,00±0,31
MCV, фл	60,85±1,01	61,42±0,91
МСН, пг/эритроцит	20,32±0,13	19,51±0,71
МСНС, г/дл	31,16±0,34	30,32±1,41
СОЭ, мм/ч	2,08±0,23*	7,38±0,58
ПА	0,308±0,003*	0,317±0,001
Лейкоциты, $10^9 /л$	8,12±0,28	6,48±0,31
Нейтрофилы,%	56,25±0,84*	59,46±1,04
Эозинофилы,%	2,17±0,32	2,53±0,14
Базофилы,%	2,83±0,27*	1,92±0,21
Лимфоциты,%	34,92±0,60*	27,75±1,18
Моноциты,%	3,67±0,69	4,23±0,59

Примечание: *- статистическая значимость различий между группами при $p < 0,05$

Таблица 2. Биохимические показатели крови

Показатель	Гибридные кролики (n=19)	Кролики новозеландской белой породы (n=21)
Общий белок, г/л	49,07±1,09*	45,73±0,49
Альбумины, г/л	29,33±0,52*	24,12±0,57
α-глобулины,%	7,99±0,35	7,91±0,28
β-глобулины,%	14,92±0,49	14,68±0,48
γ-глобулины,%	17,24±0,49	16,45±0,64
А/Г	1,39±0,04*	1,12±0,03

Примечание: *- статистическая значимость различий между группами при $p < 0,001$

Таблица 3. Показатели системы гемостаза

Показатель	Гибридные кролики (n=19)	Кролики новозеландской белой породы (n=21)
Фибриноген,	2,41±0,07*	3,46±0,17
ПВ, с	8,1±0,37*	7,05±0,17
АЧТВ, с	25,28±0,29*	22,58±0,54

Примечание: *- статистическая значимость различий между группами при $p < 0,05$

что отличает длительную адаптивную реакцию от реакции на острое стрессовое воздействие [7].

В тоже время, при сравнительном анализе результатов между группами выявлены статистически значимые различия по ряду показателей (Таблица 1). В образцах крови гибридных кроликов количество эритроцитов было выше почти на 10% ($p < 0,01$), концентрация гемоглобина на 12% ($p < 0,001$). Важным показателем при сравнении резистентности животных является

более высокое содержание лейкоцитов по сравнению с кроликами новозеландской белой породы (20% при $p < 0,001$).

Достоверно между группами различался показатель скорости оседания эритроцитов. В группе гибридных кроликов его значение было ниже в 3 раза ($p < 0,001$). Как известно, суспензионные свойства крови, оцениваемые на практике по СОЭ, тесно связаны с агрегационной способностью красных клеток. Повы-

шенное агрегатообразование увеличивает вязкость крови, нарушает ее движение в капиллярах [3]. Различия между группами сохранялись и по ПА, учитывая влияние на скорость оседания клеток гематокритного показателя крови. Известно, что важнейшим фактором, влияющим на процесс агрегатообразования является соотношение белковых фракций плазмы [1]. В группе кроликов новозеландской белой породы (Таблица 2) при более низком содержании общего белка (7% при $p < 0,01$) отмечали снижение концентрации альбумина (17% при $p < 0,01$). Содержание фибриногена было на 30% ($p < 0,001$) выше по сравнению с аналогичным показателем гибридных кроликов. Увеличение содержания глобулинов, и, особенно, фибриногена может способствовать патологическому агрегатообразованию эритроцитов за счет адсорбции высокомолекулярных белков на поверхности мембраны эритроцитов и снижения поверхностного заряда красных клеток [6].

Важным показателем гематологической стресс-реакции как части более общего биологического ответа организма на повреждающее воздействие является состояние свертывающей системы. Активность ее компонентов также во многом обусловлена условиями потока крови, регулирующими взаимодействие клеток друг с другом и с сосудистой стенкой [4].

Анализ результатов (Таблица 3) показал, что при выраженном снижении содержания фибриногена у гибридов отмечено удлинение ПВ на 13% ($p < 0,05$) и АЧТВ на 10% ($p < 0,001$).

Заключение

Таким образом, физиологическое состояние гибридного молодняка кроликов, судя по гематологическим и биохимическим показателям, свидетельствует о его лучшей адаптации к интенсивной технологии. Более высокое содержание в крови гибридных животных эритроцитов и гемоглобина, а также оптимизация гемодинамических параметров микроциркуляции вследствие особенностей фракционного состава плазмы, снижения агрегации эритроцитов и активности компонентов свертывающей системы должно способствовать оптимизации кислородтранспортной функции крови и активизации окислительно-восстановительных процессов в организме. Данные особенности важно учитывать не только для определения показателей, принятых в качестве нормы при диагностике патологии, но и при отборе ремонтного молодняка. Учет в племенной работе факторов, влияющих на интенсивность обменных процессов может способствовать снижению негативного влияния технологических факторов стресса и повышению продуктивности гибридного молодняка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банин В.В. Механизмы обмена внутренней среды / В.В. Банин. М.: Издательство РГМУ, 2000. 276 с.
2. Васильев Н.В. Система крови и неспецифическая резистентность в экстремальных климатических условиях / Н.В. Васильев, Ю.М. Захаров, Т.К. Коляда. Новосибирск: Наука, 1992. 255с.
3. Горизонтов П.Д., Белоусов О.И., Федотова М.И. Стресс и система крови / П.Д. Горизонтов, О.И. Белоусов, М.И. Федотова. М.: Медицина, 1983. 240 с.
4. Здюмаева Н.П. Влияние десмопрессина на агрегацию эритроцитов / Н.П. Здюмаева, В.Н. Левин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2008. № 9. Том 146. С. 301–303.
5. Кривошеев А.А. Фармакокоррекция литием цитратом технологических стрессов в кролиководстве: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. // А.А. Кривошеев. Москва, 2010. 22с.
6. Поленов С.А. Основы микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2008. № 1. Том 25. С. 5–19.
7. Сотникова Е.Д. Изменения в системе крови при стрессе / Е.Д. Сотникова. // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2009. № 1. С. 50–55.
8. Archetti I. Serum chemistry and haematology values in commercial rabbits preliminary data from industrial farms in northern Italy / I. Archetti, C. Tittarelli, M. Cerioli, R. Brivio, G. Grilli, A. Lavazza // Proc. 9th World Rabbit Congress. Verona, 2008. P 10–13.
9. Etim N.N. Effects of nutrition on haematology of rabbits: a review / N.N. Etim, G.E. Enyenihi, U. Akpabio, E.E. A. Offiong // European Scientific Journal. 2014. Vol. 3. № 10. P. 413–424.
10. Fathi M. Effect of probiotic supplementation and genotype on growth performance, carcass traits, hematological parameters and immunity of growing rabbits under hot environmental conditions / M. Fathi, M. Abdelsalam, I. Al-Homidan, T. Ebeid, M. El-Zarei, O. Abou-Emera // Anim. Sci. J. 2017. Vol. 10. № 88. P. 1644–1650.

© Здюмаева Наталья Петровна (ztb_znp@mail.ru), Озерецковская Елена Валентиновна (vet@rus-krol.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2021.09.14

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТОВ МОКРОЙ ОЧИСТКИ ВЫБРОСНЫХ ГАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ¹

EFFICIENCY OF USE OF DEVICES OF WET CLEANING OF EXHAUST GASES IN THE INDUSTRY

**A. Karev
M. Tjurin**

Summary. The article describes the stages and model of creation and development of the device for wet cleaning of exhaust gases. In addition, it is noted that one of the most promising ways to increase the depth of heat recovery from heat — technology installations of steam-gas mixtures (including the exhaust gases of steam generators) is the use of the heat of condensation of the water vapor contained in them.

Keywords: secondary energy resources utilization system (VER), condensation heat, steam generator exhaust gases, exhaust gases, exhaust gas heat recovery, contact heat exchangers, economizer.

Карев Алексей Николаевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»
alexcarew777@yandex.ru

Тюрин Михаил Павлович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»
tjurinmp@ya.ru

Аннотация. В статье рассмотрены этапы и модель создания и разработки аппарата мокрой очистки выбросных газов. Кроме этого, отмечено, что одним из наиболее перспективных путей повышения глубины утилизации теплоты, отходящих от теплотехнологических установок парогазовых смесей (в том числе — уходящих газов парогенераторов) является использование теплоты конденсации содержащихся в них водяных паров.

Ключевые слова: система утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), теплота конденсации, уходящие газы парогенераторов, выбросные газы, утилизация теплоты выбросных газов, контактные теплообменники, экономайзер.

Введение

Качество нашей жизни, наше здоровье зависят от постоянного притока чистого воздуха, необходимого нам для дыхания. Воздействие загрязненного воздуха, будь то долгосрочное промышленное загрязнение или единичный инцидент, может повлиять на здоровье на десятилетия вперед или даже привести к смерти.

Но воздух нужен не только для дыхания живых организмов. Он потребляется в огромных объемах в больших статических генераторах, вырабатывающих электроэнергию и в транспортных средствах. Любые твердые частицы в этом воздухе (или в жидком или га-

зообразном топливе) могут повлиять на эффективность и чистоту сгорания, а в некоторых случаях серьезно сократить срок службы деталей двигателя или турбины. Отходящие газы после сжигания, содержащие частицы сажи, а также опасные или вредные газы, представляют собой огромную экологическую проблему как в местной окружающей среде, так и с точки зрения их воздействия на региональном или даже глобальном уровнях.

Создание и совершенствование систем утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) дает возможность наиболее полно удовлетворить потребность в энергии не путем ввода дополнительных мощностей, а за счет энергосбережения — одного из приоритетных направлений развития экономики России на современном этапе.

¹ Информация о финансировании: Грант РФФИ — 20–38–90061 Аспиранты, № Договора 20–38–90061\20 от 31.08.2020 г.

Одним из наиболее перспективных путей повышения глубины утилизации теплоты отходящих от теплотехнологических установок парогазовых смесей (в том числе — уходящих газов парогенераторов) является использование теплоты конденсации содержащихся в них водяных паров. Для этого применяются контактные теплообменники, позволяющие при достаточно приемлемых габаритах, умеренном расходе металла на их изготовление и сравнительно невысоком расходе электроэнергии при эксплуатации обеспечить глубокое охлаждение отходящих газов, конденсацию содержащихся в них водяных паров и возможность использования получаемого конденсата, то есть экономию воды.

Процесс тепломассообмена в контактных теплообменниках весьма сложен для математического моделирования [5] и расчета, так как общая интенсивность передачи теплоты в нём зависит от соотношения между собой значений трех тепловых потоков: передачи физической теплоты парогазовой смеси воде, испарения воды и конденсации паров. В зависимости от величин температур воды, газа и точки росы доминирующее влияние могут иметь процессы тепло- или массопереноса, причем в различных зонах аппарата движущие силы этих процессов могут иметь разные знаки. Поэтому очень трудно установить какие-либо четкие закономерности среднего для всей контактной камеры общего (условного) коэффициента теплоотдачи (учитывающего и массоотдачу). Универсальных надежных и общепризнанных зависимостей для определения таких коэффициентов нет и получить их по мнению автора диссертации [1] не представляется возможным вследствие большого количества независимых факторов, влияющих на интенсивность рассматриваемых процессов. До настоящего времени известные инженерные методики расчета таких аппаратов основаны на использовании средних по всему объему параметров: температурного напора, условного коэффициента теплоотдачи, эффективной площади контакта фаз и др.

1. Основные типы контактных теплообменных аппаратов, их конструкции и принцип действия

1.1. Конструкция и эксплуатация скруббера

Скрубберы — это устройства, которые используют жидкость (обычно воду) для улавливания и удаления загрязняющих веществ. Через сопло или отверстие очищающая жидкость распыляется и диспергируется в газовом потоке. Капельки улавливают и захватывают частицы пыли через агломерацию, прилипание или инкапсуляцию, что эффективно увеличивает размер

и массу частиц, это облегчает их сбор в последующем процессе фильтрации или разделения. Очищающая жидкость одновременно поглощает и нейтрализует газообразные загрязняющие вещества. Суспендированная жидкость обычно извлекается в сборниках конденсата и рециркулируется через очистную систему.

1.2. Достоинства и недостатки скрубберов

Среди очевидных преимуществ отметим следующие:

1. Небольшие габариты установок, удобство их размещения в производстве: небольшие габариты устройств требуют меньших вложений при высокой мобильности конструкций по сравнению с установками такой же производительности, но другого типа работы;
2. Отсутствуют вторичные источники пыли и загрязнения: отходы упаковываются в бункер и вывозятся без протечек;
3. Возможна работа как с высокотемпературными, так и с сильно насыщенными потоками: в устройствах этого типа нет проблем с отводом конденсата и температурных ограничений (как, например, в электростатических отстойниках или рукавных фильтрах);
4. Максимальная взрыво- и пожаробезопасность: присутствие жидкой среды сводит на нет возможность детонации или возгорания в скруббере;
5. Универсальность: возможна работа как с газообразными химическими, так и с механическими загрязнителями различных фракций.

Однако имеются и некоторые недостатки, которые не уменьшают достоинства устройства. Понимание недостатков делает возможным применить меры по их минимизации, или выбрать соответствующие условия эксплуатации.

Недостатки, следующие:

1. Коррозия: в процессе работы могут образовываться высококоррозионные кислотные растворы. Данная проблема решается футеровкой рабочих частей корпуса;
2. Высокие требования к стабильному электрообеспечению установок: эффективность захвата твердых частиц может быть достигнута только при высоких перепадах давления, что приводит к значительным эксплуатационным расходам на электроэнергию;
3. Загрязнение воды (особенно актуально для крупных промышленных комплексов): для выполнения требований по очистке сточных вод может

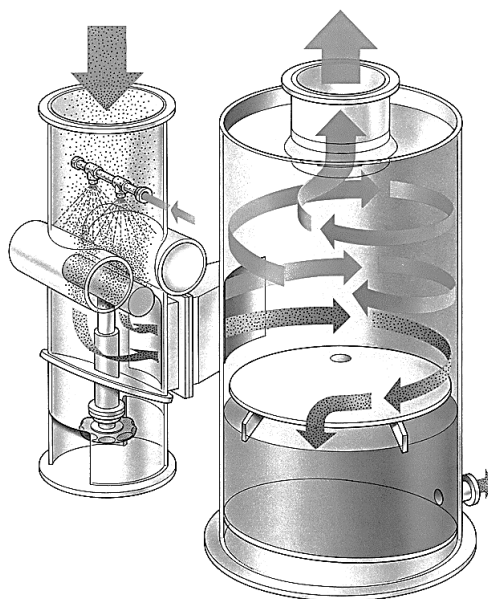


Рис. 1. Скруббер Вентури

потребоваться возведение отдельных очистных сооружений или специальных отстойников;

4. Проблемный выход побочного продукта из шлама: осушивание и дегидратация скрубберного шлама делают извлечение полезного продукта для повторного использования достаточно трудоемким.

1.3. Типы скрубберов

В своей статье Дипак К Саркар, опираясь на ряд обзорных исследований, дает описание нескольким типам скрубберов.

Распылительные башни. В распылительных башнях или распылительных камерах газовые потоки подаются в камеру и контактируют с очищающей жидкостью, производимой распылительными форсунками. Размер капель контролируется для оптимизации контакта частиц и отделения капель от газового потока. Камеры могут быть ориентированы на поперечный поток, противоточный поток или параллельный (сотоковый) поток. Камеры могут также включать дефлекторы для улучшения контакта газа и жидкости.

Распылительные башни имеют низкое энергопотребление, но при этом и относительно низкую эффективность сбора твердых частиц. Рециркулируемая вода в системе должна быть тщательно очищена, чтобы предотвратить чрезмерное загрязнение или засорение сопла. Очистка и замена сопел являются основной частью технического обслуживания, необходимого для агрегатов этого типа.

Орошаемые циклоны. Циклонные распылительные камеры — это скрубберы, которые сочетают в себе методы захвата циклонов и распылительных башен. Газовые потоки обычно входят в камеру тангенциально на высоких скоростях. Высокие скорости вызывают циклоническое действие, а центробежная сила способствует разделению капель, позволяя использовать меньший размер капель, что повышает эффективность сбора. Циклонные распылительные камеры более эффективны, чем распылительные башни. Они имеют более низкие требования к жидкости, но при этом из-за более высоких перепадов давления требуют большей мощности. По сравнению с распылительными башнями они более эффективны для газовых потоков с более тяжелыми частичными нагрузками.

Скруббер Вентури. Скрубберы Вентури — это воздушные скрубберы с камерой в форме Вентури со сходящимися и расходящимися секциями. Вода впрыскивается под низким давлением в горловину трубки Вентури, через которую с большой скоростью проходит газовый поток. Энергия от газа распыляет жидкость, позволяя частицам и загрязнителям быть захваченными в каплях. Струйные скрубберы Вентури используют модифицированную конструкцию, в которой жидкость впрыскивается в горловину с высокой скоростью, а не в газовый поток.

Скрубберы Вентури обладают высокой эффективностью сбора загрязняющих частиц и просты в установке и обслуживании. Однако они требуют больших перепадов давления, что приводит к более высоким требованиям к мощности, чем другие модели.

Дифрагменные скрубберы. Эти скрубберы похожи на скрубберы Вентури в том, что поток газа протекает с высокой скоростью через узкое отверстие для распыления жидкости в капли. Прежде чем попасть в отверстие, газ с высокой скоростью движется через емкости с очищающей жидкостью. По мере того, как он выходит из емкости, капельки и загрязняющие вещества оседают на ряде перегородок. Этот скруббер обладает таким преимуществом как низкая скорость рециркуляции воды.

Ударные скрубберы. Ударные или перфорированные пластинчатые скрубберы представляют собой разновидность скрубберов с регулируемыми отверстиями для изменения скорости удара.

Насадочные скрубберы, или скрубберы с насадочным слоем. Они представляют собой камеры, содержащие один или несколько слоев упаковочного материала для увеличения газожидкостного контакта, таких как кольца Рашига, спиральные кольца или седла Берла. Газовые потоки поступают в нижнюю часть камеры и текут вверх (противотоком) или горизонтально (поперечным потоком) через насадку, так как очищающая жидкость равномерно распределяется по упаковочному материалу. После прохождения упаковки очищенный газ проходит через уловитель, а отработанная жидкость/суспензия самотеком падает на дно. Скрубберы с насадочным слоем являются в первую очередь газопоглотителями, они предназначены для очистки газовых потоков от газообразных загрязняющих веществ. При этом они могут собирать и твердые частицы, но для этой функции они не очень эффективны, так как мокрая пыль, собирающаяся в пластах, требует специальной очистки.

Сухие скрубберы. Выше были описаны виды наиболее распространенных и хорошо известных «мокрых» скрубберов. Однако в последнее время термин «скруббер» также используется для описания устройств для загрязнения воздуха, которые впрыскивают сухой сорбент или распыляют его в газовый поток. Сухие скрубберы применяются для удаления кислых и пахучих газов из котлов, мусоросжигательных установок и очистных сооружений сточных вод. Инжекторы сухого сорбента впрыскивают щелочной материал в газовый поток для взаимодействия с кислыми газами. В результате реакции образуются твердые соли, которые удаляются в устройстве контроля твердых частиц системы. Эффективность этих устройств может быть повышена путем увеличения влажности или использования мокрой очистки в дополнение к сухому впрыску.

Распылительные сушилки / сухие скрубберы. Данный вид скрубберов используется для контроля

тяжелых металлов. Распылительные сушилки впрыскивают щелочную суспензию в газовый поток, в результате чего вода в суспензии испаряется, что приводит к охлаждению газов сгорания. Это охлаждение существенно обезвреживает тяжелые металлы, позволяя им конденсироваться в твердые частицы, которые затем легко захватываются электростатическим осадителем или тканевым фильтром. Этот метод сбора обычно обеспечивает эффективность удаления около 99 процентов. Однако эффективность удаления ртути составляет лишь около 50 процентов, что составляет существенный недостаток из-за высокой токсичности ртути.

Применение тканевых фильтров является относительно новым способом удаления загрязнений. Данные фильтры проанализированы в работе, в частности, указано, что многие недостатки использования тканевых фильтров устраняются или существенно уменьшаются за счет внедрения комбинированных систем. Такие комбинированные системы не подвержены пожарам из-за длительного времени удержания пыли в распылительной сушилке и за счет охлаждения газов. Поэтому высокие температурные отклонения здесь маловероятны. Кроме того, добавление щелочного реагента приводит к более эффективным фильтрующим характеристикам и снижению коррозионного потенциала.

Преимущества полусухой системы скруббера / тканевого фильтра заключаются в следующем:

- ◆ Одновременное удаление кислого газа и твердых частиц;
- ◆ Снижение коррозионного потенциала позволяет более широко использовать строительные материалы, снижает капитальные затраты. Затраты на техническое обслуживание также снижаются;
- ◆ Увеличивается срок службы оборудования;
- ◆ Температура дымовых газов выше точки росы, что приводит к отсутствию видимого шлейфа конденсации;
- ◆ Повторный нагрев дымовых газов обычно не требуется для подъема шлейфа;
- ◆ Высокая эффективность удаления твердых частиц, включая очень мелкие частицы и микроэлементы; в результате остается сухой стабильный остаток, требующий менее дорогостоящую утилизацию.

Система полусухого скруббера имеет некоторые недостатки, которые заключаются в следующем:

- ◆ Возможность засорения и эрозии инжекционных сопел из-за абразивных характеристик суспензии;
- ◆ Потенциал для образования шлама или частиц на стенках камеры и воздухопроводов;

- ◆ Появление «слепых» мешков, если влага суспензии не испаряется полностью;
- ◆ Высокое использование реагента, так как реагент не перерабатывается.

Сухие скрубберы — это многоциклонные (многоклонные) инерционные сепараторы, которые удаляют как жидкости, так и твердые материалы без использования очищающих масел или жидкостей. Они практически не требуют технического обслуживания, за исключением продувки сливного бачка.

Преимущество мокрых скрубберов состоит в том, что они, как правило, дешевле полусухих и сухих скрубберов; однако недостатком является то, что они производят сточные воды, которые должны быть обработаны и сброшены. Полусухие и сухие скрубберы менее подвержены коррозии и не выделяют сточные воды; однако они потребляют больше химических веществ и дают твердые остатки

Циклоны, тканевые фильтровальные мешки и ESP удаляют твердые частицы (ТЧ) и летучую золу из дымовых газов. Циклоны состоят из цилиндрической камеры и удаляют ТЧ из дымовых газов по инерции. Из-за их ограниченной эффективности удаления они используются в установках в качестве дополнения к другим стадиям очистки дымовых газов. Тканевые фильтровальные мешки являются наиболее часто используемым оборудованием, поскольку они обладают высокой эффективностью удаления твердых частиц для крупных и мелких частиц. Частицы улавливаются в серии фильтровальных мешков, когда дымовой газ проходит через них, а затем воздух продувается в противоположном направлении, чтобы очистить фильтры и собрать пыль. ESP использует высокое электрическое напряжение для зарядки частиц и осаждения их на электрод для сбора. ESP имеет ограниченную эффективность в удалении мелких частиц и часто устанавливается вместе с тканевыми фильтровальными мешками, чтобы соответствовать строгим ограничениям выбросов.

Каталитическое восстановление, активированный уголь и впрыск сухого сорбента используются для уменьшения содержания NOx и удаления тяжелых металлов, диоксинов/фуранов и ТЧ соответственно. NOx может быть разрушен с помощью селективного некаталитического восстановления (SNCR) или селективного каталитического восстановления (SCR). SNCR использует сухую мочевины NH₃ в качестве восстановителя при температурах от 900 до 1050 °C для образования воды и N₂, в то время как SCR использует катализатор, такой как смесь NH₃ и воздуха, для образования кислорода и воды. SNCR дешевле и дает меньше проблем с коррозией, в то время как SCR более эффективен, дости-

гая скорости снижения до 85%. Активированный уголь и щелочные сорбенты, такие как известь и NaOH, вводятся в дымовые газы для удаления летучих тяжелых металлов и кислых газов.

Щелочные металлы не входят в число основных загрязнителей, но они тесно связаны с выбросами ТЧ. Щелочи, которые способствуют шлакообразованию в системах термической обработки отходов, — это калий (K), Na, Cl и кремнезем. Пары щелочи могут химически ухудшать эффективность керамических барьерных фильтров, используемых для удаления ТЧ в системах очистки горячего синтез-газа. Пары щелочи направляются через охлаждение синтез-газа перед использованием в турбинах. Связанные с этим потери энергии привели к исследованию альтернатив, которые включают использование керамических фильтров, называемых «геттерными слоями», которые могут переносить высокие температуры.

Одно из перспективных направлений — усовершенствование и разработка новых конструкций центробежно-инерционных пылеуловителей. Исследованию пылеулавливания и разработке новых пылеуловителей циклонного типа были посвящены работы Набила Харау, Лиса Хеззара, Зубира Немуди [4]. В статье представлены результаты исследований процесса улавливания летучей золы на примере экспериментальной модели электроциклона. Было выяснено, что в разработанной конструкции аппарата степень очистки в режиме электроциклона намного выше — близка к 100%, чем в режиме циклона — 90–90%. В статье представлены результаты численного моделирования и экспериментального исследования динамики аэродинамического давления — одного из главных параметров характеристик циклонов с использованием численного моделирования гидродинамики потока очищенного газа (CFD) с учетом изменения напряжения Рейнольдса. (RSM). В статье рассмотрена теоретическая модель с использованием параметра времени пребывания частиц в устройствах (среднее время пребывания) для расчета эффективности улавливания циклоном, а также представлены результаты разработки и испытаний циклонного сепаратора, область аэродинамических режимов, для которых задавался диапазон расходов воздуха от 10 до 100 л / мин с достижением максимально возможной эффективности улавливания пылевых частиц мелких фракций (1–10 мкм) малой плотности. Продолжаются исследования по разработке новых конструкций центробежно-инерционных устройств для мокрой очистки газов (циклонов скрубберов) с использованием методов численного моделирования, описания и расчета пылеулавливания. Например, представлены результаты исследования численного решения уравнений Эйлера, описывающие гидродинамику течения

трехфазных потоков (газ — жидкость — твердое тело) и оценивающие эффективность очистки газового потока от пыли в мокром скруббере.

Аппараты мокрой очистки работают по принципу осаждения частиц пыли либо на поверхность капель жидкости, либо на поверхность плёнки жидкости. Осаждение частиц пыли на жидкость происходит под действием сил инерции и броуновского движения. Кроме этих основных сил на процесс осаждения влияют турбулентная диффузия, взаимодействие электрически заряженных частиц, процессы конденсации. Во всех случаях очистки газа в мокрых пылеуловителях важным фактором является смачиваемость частиц жидкостью — чем лучше смачиваемость, тем эффективнее процесс очистки.

Преимуществами аппаратов мокрой очистки можно считать следующее:

- ◆ сравнительно небольшую стоимость (без учета шламового хозяйства) и более высокая эффективность улавливания по сравнению с сухими пылеуловителями;
- ◆ возможность очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;
- ◆ охлаждение и увлажнение (кондиционирование) газов;
- ◆ возможность применения для очистки газов с высокой температурой;
- ◆ возможность одновременной очистки от пыли и некоторых газообразных вредных веществ.

К недостаткам мокрых пылеуловителей относятся:

- ◆ улавливаемый аппаратами мокрой очистки продукт выделяется в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод;
- ◆ потери орошающей жидкости в результате брызгоуноса;
- ◆ необходимость антикоррозионной защиты оборудования при очистке агрессивных газов и смесей.

Отмечено, что значительно лучшие условия эксплуатации контактного экономайзера создаются, если применять промежуточный теплообменник, обеспечивающий независимость работы экономайзера от расхода воды потребителями. Необходимо осуществлять комплексную поставку: циркуляционный насос, экономайзер, теплообменник. Помимо этого, рекомендуется оснащать экономайзер переливной трубой с гидрозатвором и водомерным стеклом.

При всей своей высокой тепловой эффективности, насадочные противоточные теплоутилизаторы (экономайзеры) имеют недостатки, главный из которых

заключается в том, что качество нагретой контактным способом воды не удовлетворяет требованиям ГОСТ 2874–82*.

Для того, чтобы снять ограничения по качеству нагреваемой воды теплоутилизационные установки с «пассивной» насадкой необходимо применять совместно с промежуточным теплообменником. Установка промежуточного теплообменника совместно с теплоутилизатором [8] исключает прямой контакт газов с нагреваемой для целей теплоснабжения водой. Промежуточный теплообменник бывает встроенным в корпус контактного теплоутилизатора или монтируется отдельно, в зависимости от того, какой мощности котел используется, а также в зависимости от теплопроизводительности утилизатора.

Ранее для глубокого охлаждения дымовых газов ниже точки росы использовались теплообменники контактного типа (насадочные, пенные, барботажные, форсуночные и тарельчатые). В последнее десятилетие получили распространение конденсационные поверхностные экономайзеры, которые также позволяют охлаждать уходящие дымовые газы ниже температуры точки росы. Конденсационные котлы и экономайзеры [2] изготавливаются из различных материалов. Но, поскольку выделяющийся из продуктов сгорания конденсат имеет кислую реакцию, общим для них является высокая коррозионная стойкость. Это нержавеющая сталь, чугун, медь, полимерные материалы и даже керамика. Применение коррозионностойких материалов позволяет создать конденсационные теплообменники и для утилизации теплоты уходящих газов жидкого топлива.

Опытные данные и сопоставление результатов расчетов контактного утилизатора марки ЭК-БМ-1–1, имеющего диаметр 1000 мм, с результатами его испытаний, выполненных в производственных условиях, приведены в работе, а также в статье П.А. Мищенко «Опыт реконструкции аппаратов мокрой очистки газа на основе вихревых скрубберов». В статье изложены результаты проведенной серии экспериментов, по которым аппараты были доработаны для дальнейшей эксплуатации. Для предупреждения забивания пульповыводящего отверстия и снижения каплеуноса предложено плоское днище аппарата заменить на конусообразный вариант. Во избежание абразивного износа водоподводящего канала внутрь вихревого модуля вставили трубу, так чтобы поток газа не соприкасался с верхним основанием завихрителя. Постоянно проводящиеся в Институте теплофизики СО РАН исследования и разработки ВС позволяют рассчитывать на создание наиболее оптимального вихревого аппарата, способного заменить многие устройства мокрой очистки газов, применяющиеся в отечественной теплоэнергетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якимичев П.В. Совершенствование методов моделирования и расчета процессов тепломассопереноса в контактных теплообменниках. Дисс. кандидата технических наук; Иваново 2012
2. Аронов, И.З. Прямоточные и прямоточно-противоточные контактные экономайзеры для промышленных котлов/И.З. Аронов//Газовая промышленность. — 1968. — № 5. — с. 43–46.
3. Захарова, З.Л. Газовые контактные водонагреватели и их применение в народном хозяйстве/З.Л. Захарова, А.В. Рачинский, П.А. Кузьмин — Л.: Недра. — 1966. — 144 с.
4. Кудинов А.А., Энергосбережение в теплогенерирующих установках. — М.: Машиностроение, 2012. — 139 с.
5. Мизонов, В.Е. Моделирование и оптимизация теплового состояния в секционированных объемах с внутренними источниками теплоты. Монография/В.Е. Мизонов, Н.Н. Елин, Е.А. Баранцева. — ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет», Иваново, 2018. — 128 с. ISBN978–5–89482–693–6
6. Мизонов, В.Е. Моделирование, расчет и оптимизация тепломассообменных процессов в текстильной промышленности. Монография/В.Е. Мизонов, В.А. Зайцев, В.Ю. Волынский, С.П. Бобков — ГОУВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», «Ивановский государственный энергетический университет» Иваново, 2018. — 204 с. ISBN978–5–9616–0350–7.
7. Шадек Е., Маршак Б. Глубокая утилизация тепла отходящих газов теплогенераторов / Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. — 2014. Научно-технический журнал «СОК» № 2.
8. Шадек Е., Маршак Б., Крыкин И., Горшков В. Конденсационный теплообменник-утилизатор — модернизация котельных установок // Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ, 2014. № 3 (24).
9. Якимичев П.В. Совершенствование методов моделирования и расчета процессов тепломассопереноса в контактных теплообменниках. Дисс. кандидата технических наук; Иваново 2012

© Карев Алексей Николаевич (alexcarew777@yandex.ru), Тюрин Михаил Павлович (tjurinmp@ya.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ TCP ПРОТОКОЛА

METHODS FOR IMPLEMENTING CLIENT-SERVER DATA STREAMING APPLICATIONS BASED ON THE TCP PROTOCOL

M. Ablyayev

Summary. In this article discusses ways to implement client-server data streaming applications. The main data transmission protocols TCP and UDP are described, with an indication of their characteristics. The author provides the necessary requirements for the implementation of data streaming and describes their key advantages and limitations based on TCP and UDP protocols within the framework of this task. In the article, based on the results of the study, the author presents an algorithm that allows solving the identified limitations and increasing the performance of data streaming software implemented on the basis of the TCP protocol. As a result, it was concluded that the presented algorithm allows you to reduce the cost of developing network code, increase the efficiency of data streaming, and minimize the delays that occur with standard data streaming based on the TCP protocol.

Keywords: streaming data, protocol, TCP, UDP, client-server application, algorithm, networking.

Абляев Марлен Рефатович

Преподаватель, ГБОУ ВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»
ablyayev.marlen@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются способы реализации клиент-серверных приложений потоковой передачи данных. Описываются основные протоколы передачи данных TCP и UDP, с указанием их характеристик. Автор приводит необходимые требования для реализации потоковой передачи данных и на основе TCP и UDP протоколов описывает ключевые их преимущества и ограничения в рамках данной задачи. В статье на основе результатов исследования автор приводит алгоритм, который позволяет решить выявленные ограничения и увеличить производительность программного обеспечения потоковой передачи данных реализованного на основе протокола TCP. В результате чего был сделан вывод о том, что представленный алгоритм позволяет снизить затраты на разработку сетевого кода, повысить эффективность потоковой передачи данных, а также минимизировать задержки, возникающие при стандартной потоковой передаче данных основе TCP протокола.

Ключевые слова: потоковая передача данных, протокол, TCP, UDP, клиент-серверное приложение, алгоритм, сетевое взаимодействие.

С развитием общества и информационных технологий растет потребность в информации и потребляемом контенте. В связи с этим меняются и подходы в организации предоставления передачи данных от сервера к клиенту и от клиента к серверу. Различные способы обмена данными между клиентом и сервером накладывают на разработчиков определенные ограничения, дают некоторые преимущества и создают требования в процессе разработки соответствующего программного обеспечения, как на стороне сервера, так и на стороне клиента. Разработчики в свою очередь стремятся усовершенствовать обмен данными для увеличения скорости передаваемой информации, минимизации потери пакетов и снижения нагрузки на клиентское и серверное оборудование. Использование различных типов протоколов, методов структурирования информации и алгоритмов формирования данных способствует появлению самых различных сценариев написания программного кода и создает определенные требования для сетевого оборудования.

В своей работе А. Миланович, С. Србљич и В. Срук (A. Milanovic, S. Srbljic, V. Sruk) [1] описывают, как различные аппаратные и программные компоненты персонального компьютера влияют на производительность двух наиболее часто используемых протоколов передачи данных в интернете, TCP и UDP. Авторы сравнивают скорость передачи данных для трех различных операционных систем: Windows 95, Windows NT 4.0 Workstation и Linux 2.1.132. Также показывают, как размер пакета данных влияет на скорость передачи данных.

Авторы Донджин Ли, Брайан Э. Карпентер и Невил Браунли (DongJin Lee, Brian E. Carpenter, Nevil Brownlee) [2] в своем исследовании раскрывают вопросы влияния тенденций роста приложений области потоковой передачи мультимедиа и влияние на характеристики трафика. В работе отображены результаты значительной изменчивости и признаки систематической тенденции с течением времени и широкий разброс использования номеров портов.

Мин Чжан, Маурицио Дуси, Вольфганг Джон и Чанцзя Чен (Min Zhang, Maurizio Dusi, Wolfgang John, Changjia Chen) [4] представляют сравнительный анализ передачи данных UDP и TCP в нескольких трассировках трафика, собранных из разных сетей и географических местоположений в разное время. Авторы описывают, что TCP по-прежнему имеет преимущество с точки зрения пакетов и байтов, но UDP часто отвечает за самую большую часть потоков в данном канале. Рассматривается анализ на основе портов и предполагается увеличение потоков UDP на анализируемых каналах, что происходит в основном из-за приложений P2P, использующих UDP для своего служебного трафика.

Сетевой обмен данными между двумя устройствами производится средствами различных протоколов, которые формируют данные по определенным требованиям и отправляют получателю. В зависимости от протокола меняется и способы передачи данных, а именно контроль последовательности пакетов, проверка утерянных пакетов, проверка оригинальности пакета и другие подобные надстройки, которые могут варьироваться в зависимости от выбранного типа протокола.

В случае отсутствия определенной необходимой надстройки разработчиками создаются собственные алгоритмы, которые удовлетворяют возникшие потребности. Данные действия затрачивают рабочее время программистов и в зависимости от качества созданного алгоритма возрастает нагрузка на серверное и клиентское оборудование.

В случае избыточности существующих надстроек определенного протокола, что может влиять на производительность клиентского и серверного оборудования, зачастую, разработчиками выбирается другой, наиболее подходящий тип протокола.

Выбираемый тип протокола напрямую зависит от архитектуры разрабатываемого приложения и определяет вектор разработки соответствующего проекта программного продукта. Существует большое количество протоколов передачи данных с собственными возможностями и ограничениями. Большая часть из них узконаправленные и практически не используются в массовой разработке. Это связано с тем, что для их полноценной работы требуется дополнительная программная настройка, соответствующая поддержка и вероятная настройка сетевых устройств. В связи с этим, широкую популярность в области разработки получили протоколы передачи данных TCP и UDP [3].

TCP (англ. Transfer Control Protocol — протокол управления передачей) — стандарт связи, который позволя-

ет прикладным программам и цифровым устройствам обмениваться сообщениями по сети. Он предназначен для отправки пакетов через интернет и обеспечения успешной доставки данных и сообщений.

TCP является одним из основных стандартов, определяющих правила сети интернет, и включен в стандарты, определенные Инженерной группой Интернета (IETF). Это один из наиболее часто используемых протоколов в цифровых сетевых коммуникациях, обеспечивающий сквозную доставку данных.

Протокол организует данные таким образом, чтобы их можно передавать между сервером и клиентом. Это гарантирует целостность данных, передаваемых по сети. Перед передачей данных TCP устанавливает соединение между отправителем и получателем, которое, как он гарантирует, остается активным до конца связи. Затем он разбивает большие объемы данных на более мелкие пакеты, обеспечивая при этом целостность данных на протяжении всего процесса.

TCP может быть затратным по отношению к оборудованию сетевых инструментов, поскольку он включает в себя проверку отсутствующих или поврежденных пакетов и защищает доставку данных с помощью таких элементов управления, как подтверждения, запуск соединения и управление потоком.

TCP — надежный протокол, поскольку он следует алгоритму контроля потока и ошибок. Он также поддерживает алгоритм подтверждения, который проверяет состояние и прибытия данных. В алгоритме подтверждения получатель отправляет либо положительное, либо отрицательное подтверждение, чтобы отправитель мог узнать, был ли пакет данных получен или его нужно отправить повторно.

Данный протокол гарантирует, что данные достигнут предполагаемого получателя в том же порядке, в котором они были отправлены. Он упорядочивает и нумерует каждый сегмент данных, чтобы получатель на уровне TCP мог повторно собрать их в соответствии с предполагаемым порядком. Кроме этого, данные могут передаваться в обоих направлениях одновременно.

Протокол TCP поточно-ориентированный, поскольку он позволяет отправителю предавать данные в виде потока байтов, а также позволяет получателю принимать данные в виде потока байтов. Он создает среду, в которой отправитель и получатель соединены воображаемой трубкой, известной, как виртуальный канал. Этот виртуальный канал передает поток байтов через интернет.

Модель данного протокола насчитывает пять уровней — это уровень приложений, транспортный уровень, сетевой уровень, уровень канала передачи данных и физический уровень. Транспортный уровень играет важную роль в обеспечении сквозной связи непосредственно с процессами приложений. Он позволяет создавать 65 000 портов, чтобы можно было получить доступ к нескольким приложениям одновременно. Он берет данные с верхнего уровня, разделяет их на более мелкие пакеты и затем передает их на сетевой уровень.

TCP обеспечивает надежную передачу данных с установлением соединения, что гарантирует доставку пакетов. Если пакет данных потерян в сети, TCP отправит их повторно. Он устраняет перегрузку с помощью алгоритма предотвращения перегрузки сети, который включает в себя различные схемы, такие как аддитивное увеличение / мультипликативное уменьшение, медленный запуск и окно перегрузки.

К ограничениям данного протокола можно отнести большие накладные расходы на аппаратную часть, поскольку каждый сегмент получает свой собственный заголовок TCP, поэтому фрагментация маршрутизатором увеличивает на потребление вычислительной мощности расходы, что приводит к снижению производительности.

В результате все протоколы высокого уровня, которые должны передавать данные, используют протокол TCP. К примерам можно отнести методы однорангового обмена, такие как протокол передачи файлов (FTP), Secure Shell (SSH) и Telnet. Данный протокол также используется для отправки и получения электронной почты через протокол доступа к сообщениям в интернете (IMAP), протокол почтового отделения (POP) и простой протокол передачи почты (SMTP), а также для доступа в Интернет через протокол передачи гипертекста (HTTP).

UDP (англ. User Datagram Protocol — протокол пользовательских датаграмм) — это протокол транспортного уровня, который является частью Internet Protocol Suite и альтернативным протоколом связи протоколу управления передачей (TCP).

UDP — самый простой протокол транспортного уровня, предназначенный для отправки данных через интернет. Он выбирает дейтаграмму с сетевого уровня и прикрепляет заголовок, а затем пересылает его пользователю либо на сервер. Это быстрый, ненадежный протокол без сохранения состояния, что делает его подходящим для использования с приложениями, которые могут допускать потерю данных.

Его можно использовать для протоколов на основе транзакций, таких как DNS или протокол сетевого времени NTP.

Кроме этого, его можно использовать для решений, когда подключено много клиентов и где исправление ошибок в реальном времени не требуется, например, игры, голосовые вызовы или видеоконференции, а также потоковое видео.

Данный протокол не требует установления соединения, поскольку для передачи данных не требуется виртуальный канал.

Он предлагает минимальные транспортные услуги, при которых доставка до получателя не гарантируется, а также не предусмотрен механизм контроля перегрузок.

Кроме того, UDP использует заголовки для передачи данных по соединениям. Его заголовки содержат набор параметров, называемых полями. Заголовок UDP имеет четыре поля, а именно:

Порт источника: это 2-байтовое поле, в котором указывается номер порта отправителя.

Порт назначения: это также 2-байтовое поле, в котором указывается номер порта получателя.

Длина: это общая длина UDP, включая заголовок и данные. Это 16-битное поле.

Контрольная сумма: это поле длиной 2 байта, которое используется для проверки ошибок, например, в IPv6, а иногда и в IPv4.

UDP отправляет дейтаграмму (блок данных) с одного устройства на другое, используя интернет-протокол. UDP инкапсулирует данные в пакет и добавляет к нему информацию заголовка. Данные включают порт источника, порт назначения, длину пакета и контрольную сумму. После того, как пакеты UDP инкапсулируются в пакет интернет-протокола, они начинают перемещаться по назначению.

Учитывая описанные характеристики и принципы работы данных протоколов можно сделать вывод, что TCP более надежный, но медленный протокол, а UDP более быстрый, но не имеет достаточной надежности. Поэтому большинство разработчиков не выбирают один конкретный протокол для разрабатываемого программного продукта, а используют комбинированное решение, в котором TCP протокол отвечает за авторизацию, пересылку сообщений и другую важную отправку ценной информации, а UDP применяется после авторизации или установления соединения для конкретной потоковой передачи данных, которые не требуют детальной проверки.

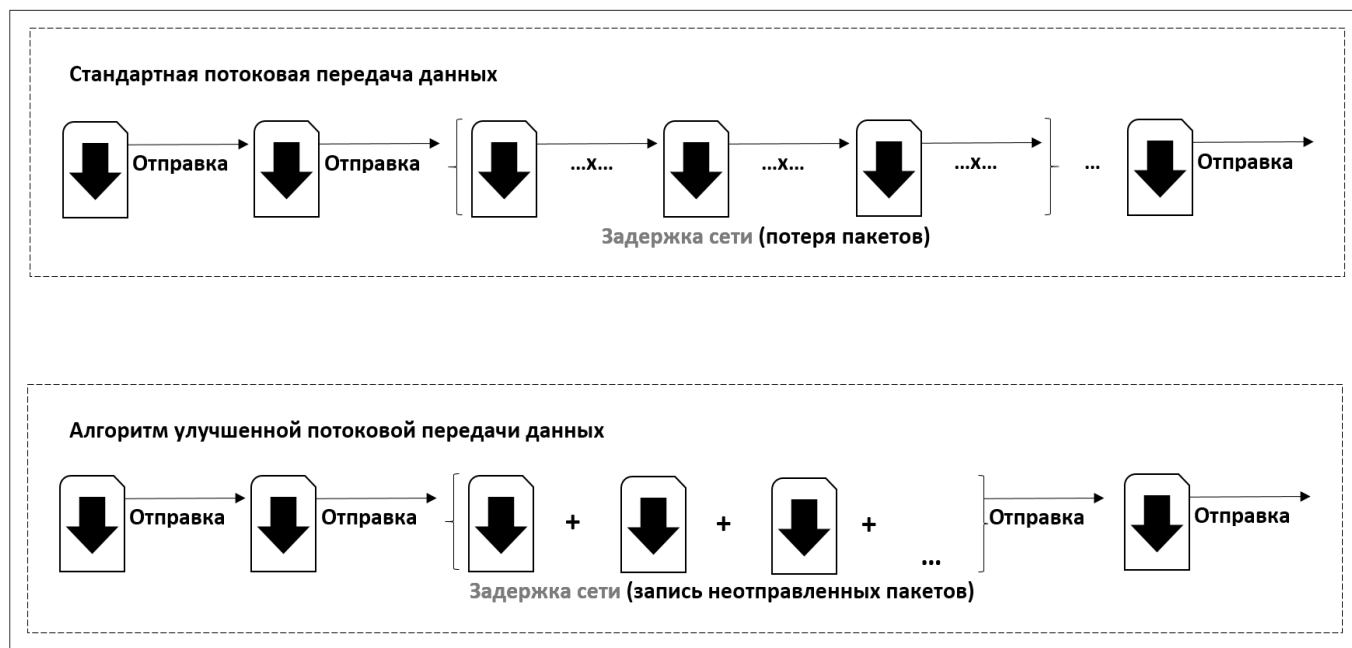


Рис. 1. Алгоритм потоковой передачи данных на основе TCP протокола

Использование подобного комбинированного способа передачи данных несет за собой последствия, такие как увеличение затрат и времени на разработку программного продукта, создание собственных алгоритмов над протоколом UDP для обеспечения нужд соответствующего разрабатываемого продукта, создание алгоритмов контроля пакетов UDP протокола и другие.

Для того чтобы этого избежать в проект необходимо внедрять и в дальнейшем использовать один протокол TCP. Но применение данного протокола в потоковой передаче данных несет за собой значительное снижение скорости, что является существенным недостатком и фактически задуманная потоковая передача перестает быть таковой, в результате чего на стороне клиента начнут появляться задержки и отставания в отправке или получении данных.

TCP протокол имеет возможность асинхронно отправлять и принимать данные, но получаемые данные от сервера или клиента считываются устройством последовательно. То есть данные доставляются поочередно и пока не дойдет первый пакет, получателю не будет доступен следующий пакет. Данный алгоритм работы TCP является одной из существенных причин замедления передачи данных.

Кроме это при помощи TCP протокола на стороне отправителя можно отслеживать статус отправленного пакета. Это дает возможность для реализации большого количества различных алгоритмов, направленных

на отслеживание, детальное структурирование контролируемых протоколом пакетов.

Используя данную функциональную составляющую протокола TCP можно реализовать алгоритм, который будет основан на отправке сформированного пакета, а во время ожидания на стороне отправителя будет осуществляться формирование следующего пакета. После успешной доставки, начнется отправление уже сформированного пакета (рисунок 1).

Таким образом, во время обычной потоковой передачи данных отправитель либо ждет пока информация будет доставлена, либо продолжит отправку данных даже если до получателя не дошел предыдущий пакет. Соответственно, в первом случае появляются задержки и отставания, так как отправитель бездействует во время отправки данных. Во втором случае на стороне отправителя бессмысленно затрачиваются ресурсы устройства, а на стороне получателя возможна потеря пакетов, что может привести к потере данных, некорректной обработке полученной информации или получению данных в неправильной последовательности. Для того чтобы это решить, на стороне получателя и на стороне отправителя необходимо реализовывать дополнительный функционал, который будет отвечать требованиям каждой отдельно взятой ситуации.

Предложенный алгоритм решает вышеуказанные проблемы. Проток TCP на своем уровне обеспечивает корректную отправку сформированных пакетов,

а на программном уровне происходит формирование для последующей отправки.

Первым этапом происходит подключение, которое остается активным до отключения одной из сторон. Далее в пакет собираются необходимые первичные данные и начинается безопасная отправка. Во время ожидания ответа от получателя, в новый пакет записываются новые данные. Соответственно, чем больше время ожидания, тем больше данных будет записано в пакет. Количество записываемых данных ограничивается лишь размером пакета, который может быть изменен разработчиком. Как только отправитель будет уведомлен об успешной отправке, начнется следующая передача заново сформированного пакета. Таким образом на стороне получателя во время задержки, на аппаратном и программном уровне, конечному пользователю не будет заметно отставаний и замедления скорости по сравнению с протоколом UDP. Кроме этого, дополнительным преимуществом данного алгоритма является настройка частоты передачи пакетов, т.е. сколько пакетов будет передаваться за одну секунду. В связи с этим, в случае возникновения кратковременных проблем с подключением к сети количество тактов передачи данных за одну секунду уменьшится, но при этом последующие отправленные пакеты будут содержать информацию, которая должна была передаваться во время возникшей задерж-

ки. Алгоритм работает таким образом, что возникшие задержки компенсируются разбиением неотправленной информации на сегменты и поочередным добавлением ее в отправляющиеся пакеты. На стороне получателя эта информация распаковывается уже в правильной последовательности, без потери данных и с указанием дополнительной информации. Данный алгоритм можно настраивать под различные сценарии и добавлять дополнительный функционал для более детального обозначения и обработки данных, которые были отправлены с задержкой, что в свою очередь является значительным с своей мере для оптимизации и повешения производительности потоковой передачи данных.

В результате чего данный алгоритм обеспечивает потоковую передачу данных с использованием одного типа протокола TCP без дополнительных затрат на реализацию надстроек над протоколом. Кроме этого, алгоритм имеет уже существующий функционал безопасной передачи данных и решает проблемы снижения скорости и производительности. В связи с этим можно сделать вывод, что использование данного алгоритма является наиболее рациональным для потоковой передачи данных с экономией ресурсов аппаратной части реализуемого программного продукта, затрат времени на разработку и минимизации задержек при отправке и получении данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Milanovic, S. Sribljic and V. Sruk, "Performance of UDP and TCP communication on personal computers," 2000 10th Mediterranean Electrotechnical Conference. Information Technology and Electrotechnology for the Mediterranean Countries. Proceedings. MeleCon 2000 (Cat. No.00CH37099), 2000, pp. 286–289 vol.1, doi: 10.1109/MELCON.2000.880422. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/880422/authors#authors>.
2. D. Lee, B.E. Carpenter and N. Brownlee, "Observations of UDP to TCP Ratio and Port Numbers," 2010 Fifth International Conference on Internet Monitoring and Protection, 2010, pp. 99–104, doi: 10.1109/ICIMP.2010.20. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5476872/authors#authors>.
3. I. Coonjah, P.C. Catherine and K. M.S. Soyjaudah, "Experimental performance comparison between TCP vs UDP tunnel using OpenVPN," 2015 International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS), 2015, pp. 1–5, doi: 10.1109/CCCS.2015.7374133. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7374133/authors#authors>.
4. M. Zhang, M. Dusi, W. John and C. Chen, "Analysis of UDP Traffic Usage on Internet Backbone Links," 2009 Ninth Annual International Symposium on Applications and the Internet, 2009, pp. 280–281, doi: 10.1109/SAINT.2009.65. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5230775/authors#authors>.

© Абляев Марлен Рефатович (ablyaev.marlen@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭТАПА РАЗВИТИЯ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ СРЕДЫ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ¹

MODELING OF THE STAGE OF DEVELOPMENT OF THE FLOW OF A VISCOPLASTIC MEDIUM ALONG AN INCLINED PLANE

D. Andreichenko
M. Safronchik

Summary. The development of the flow of a viscoplastic medium along an inclined plane under the influence of gravity from a state of rest is considered. The flow zone grows gradually, its boundary is unknown in advance and is determined in the process of solving the problem. The angle of inclination is chosen in such a way that the so-called “slipping” effect along the solid wall appears over time. The problem is posed within the framework of the five — parameter Slibar-Paslay model, which allows taking into account the difference in the behavior of the material during loading and unloading, and the possible “slipping” of the material along a solid wall is taken into account using a model of a smooth transition from sticking to slipping similar to the hypothesis of prof. N.P. Petrov for a viscous liquid. The solution of the problem is constructed using the Galerkin projection method using orthogonal Chebyshev polynomials of the first kind as basis functions.

Keywords: unsteady flow; mathematical and computer modeling; non-Newtonian fluids; viscoplastic materials; multiphase flows.

Андрейченко Дмитрий Константинович
Д.ф.-м.н., профессор, Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов
Сафрончик Мария Ильинична
Аспирант, Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов
safronchikmi@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается развитие течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости под действием силы тяжести из состояния покоя. Зона течения растет постепенно, её граница заранее неизвестна и определяется в процессе решения задачи. Угол наклона выбирается таким образом, чтобы с течением времени проявился так называемый эффект «проскальзывания» вдоль твердой стенки. Задача ставится в рамках пятипараметрической модели Слибара — Паслая, позволяющей учесть различие в поведении материала при нагружении и разгрузке, а возможное «проскальзывание» материала вдоль твердой стенки учитывается с помощью модели плавного перехода от прилипания к проскальзыванию аналогичной гипотезе проф. Н.П. Петрова для вязкой жидкости. Решение задачи строится с помощью проекционного метода Галеркина с использованием в качестве базисных функций ортогональных полиномов Чебышёва первого рода.

Ключевые слова: нестационарное течение; математическое и компьютерное моделирование; неньютоновские жидкости; вязкопластические материалы; многофазные течения.

Введение

Исследование поведения вязкопластичных материалов имеет большое прикладное значение для оптимизации различных технологических процессов во многих отраслях.

Такие жидкости имеют сложную внутреннюю структуру и проявляют свойства жидкости только по достижении определенного внутреннего касательного напряжения, называемого пределом текучести, ниже которого материал испытывает лишь упругие деформации и ведет себя как твердое тело.

Анализ нестационарных режимов течения представляет определенные математические трудности, так как границы раздела зон течения изменяются во времени и в определяющих соотношениях среды отсутствует информация о распределении напряжений в твердой зоне. Таким образом при исследовании нестационарных течений приходится решать начально-краевые задачи с вырождением области начального существования фазы в особую точку так как область течения отсутствует в начальный момент.

Так же экспериментальные исследования выявили еще ряд особенностей в реодинамике вязкопластич-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–31–90040

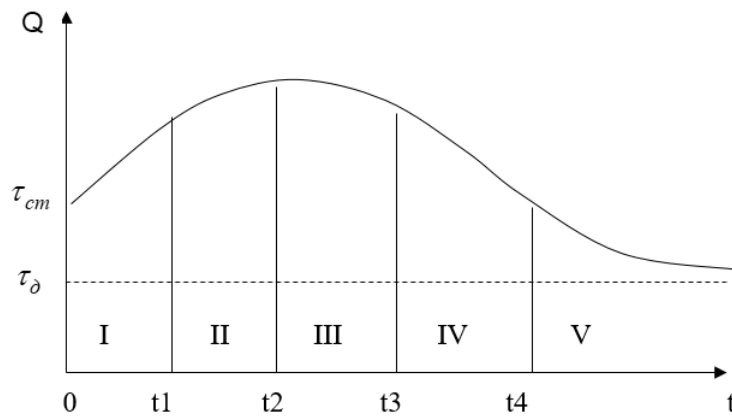


Рис. 1. Характерные временные этапы развития и затухания течения
 I — разрушение структуры без “пристенного скольжения”
 II — разрушение структуры со скольжением
 III — переходный этап со скольжением
 IV — переходный этап без скольжения
 V — восстановление структуры

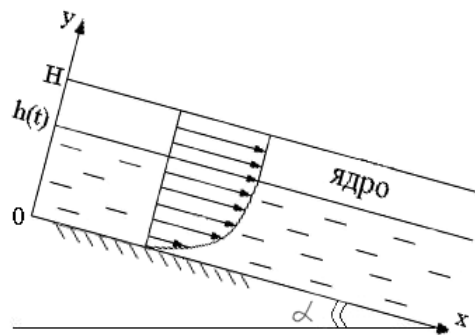


Рис. 2. Схема течения по наклонной плоскости

ных сред таких как различие в поведении материала при нагружении и разгрузке: разрушение материала происходит при одном пределе текучести, а восстановление структуры при другом, значительно меньшем, а также аномальное поведение вязкопластической жидкости у твердых стенок, заключающимся в резком изменении сопротивления материала при определенных скоростях движения. Это явление получило название «эффекта пристенного скольжения».

При воздействии на вязкопластичную среду монотонной нагрузкой, можно выделить несколько характерных временных этапов её поведения [1, с. 176]. Примерная схема развития и затухания течения изображена на рисунке 1. По оси X время, по оси Y нагрузка.

Постановка задачи

Пусть слой вязкопластичной среды толщины H находится на горизонтальной плоскости. В момент t=0

плоскость была наклонена на угол α к горизонту. Область течения развивается постепенно при достижении касательным напряжением статического предела текучести и граница этой области заранее неизвестна. Течение считается плоскопараллельным, если размеры плоскости достаточно велики. Направим ось OX вдоль плоскости, а ось OY перпендикулярно потоку, как показано на рисунке 2 [2, с. 137].

Постановка задачи дается в рамках пятипараметрической модели Слибара — Паслая, которая для случая чистого сдвига имеет вид [3].

$$\begin{aligned} \text{Нагружение} & \quad \text{Разгрузка} \\ \tau - \tau_d = \eta \left| \frac{\partial V}{\partial n} \right| \text{sign} \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau > \tau_s, & \quad \tau - \tau_d = \eta \left| \frac{\partial V}{\partial n} \right| \text{sign} \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau > \tau_d \\ 0 = \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau \leq \tau_s, & \quad 0 = \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau \leq \tau_d \end{aligned} \quad (1)$$

где τ_s — статический предел текучести, τ_d — динамический предел текучести, η — структурная вязкость, V — скорость, n — нормаль к направлению скорости.

Изменение подвижной границы течения при его развитии

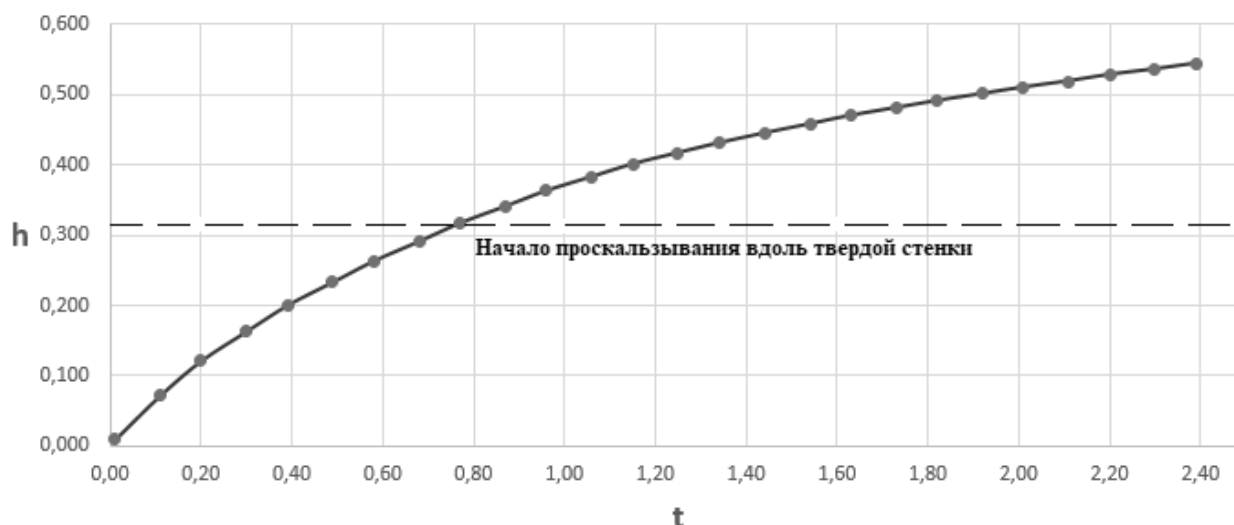


Рис. 3. Изменение границы зоны течения

Величина угла наклона плоскости выбирается такой, чтобы с течением времени появился эффект «проскальзывания», для учета которого используется гипотеза, аналогичная гипотезе проф. Н.П. Петрова для вязкой жидкости [4]. Согласно этой гипотезе, сопротивление на твердой стенке падает и материал начинает проскальзывать вдоль неё при достижении касательным напряжением некоторого критического значения τ^* . Скорость скольжения предлагается считать пропорциональной разнице между фактическим и критическим напряжениями

$$\begin{aligned} \tau - \tau^* &= \lambda |V_{fluid} - V_{wall}|, \quad \tau > \tau^* \\ V_{fluid} &= V_{wall}, \quad \tau \leq \tau^* \end{aligned} \quad (2)$$

при этом коэффициент λ можно условно назвать коэффициентом «внешнего» трения вязкопластичной среды о твердую стенку. Для данной задачи соотношение между параметрами в рамках пятипараметрической модели будет следующим: $g\rho H \sin(\alpha) > \tau > \tau_s$.

Для единственной компоненты скорости краевая задача имеет вид:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + g \sin \alpha, \quad 0 < y < h(t), \quad 0 < t \leq T_1 \quad (3)$$

$$V_x(y, 0) = 0, \quad h(0) = 0 \quad (4)$$

$$V_x(0, t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq t^* \\ (\tau(0, t) - \tau^*) / \lambda, & t^* < t \leq T_1 \end{cases} \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial V_x}{\partial y} \right)_{y \rightarrow h(t)-0} = \frac{\tau_s - \tau_d}{\eta} \quad (6)$$

$$V_x|_{y \rightarrow h(t)-0} = U(t), \quad \text{где} \quad (7)$$

$$U(t) = gt \sin \alpha - \frac{\tau_s}{\rho} \int_0^t \frac{d\xi}{H - h(\xi)} \quad (8)$$

где $\nu = \eta / \rho$ — аналог кинематической вязкости, $U(t)$ — скорость ядра течения. Вводя новые переменные по формулам:

$$z = Hy / h(t), \quad V_x(y, t) = V_x(z, t) \quad (9)$$

получим краевую задачу в области с постоянными границами $0 < z < H, t > 0$, (аналог уравнений (7) и (8) представлен в дифференциальной форме)

$$\frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} = \frac{h^2(t)}{\nu H^2} \left[\frac{\partial V_x}{\partial t} - z \frac{h'(t)}{h(t)} \frac{\partial V_x}{\partial z} - g \sin \alpha \right] \quad (10)$$

$$V_x(z, 0) = 0, \quad h(0) = 0 \quad (11)$$

$$V_x(0, t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq t^* \\ (\tau(0, t) - \tau^*) / \lambda, & t^* < t \leq T_1 \end{cases} \quad (12)$$

$$\left(\frac{\partial V_x}{\partial z} \right)_{z=H} = \frac{h(t) \tau_s - \tau_d}{H \eta} \quad (13)$$

$$\frac{\nu H^2}{h(t)} \frac{\partial^2 V_x(H, t)}{\partial z^2} + H h'(t) \frac{\partial V_x(H, t)}{\partial z} = - \frac{\tau_s h(t)}{\rho(H - h(t))} \quad (14)$$

Построение решения

Начально-краевая задача (3) — (8) в области с неизвестной подвижной границей принадлежит к классу

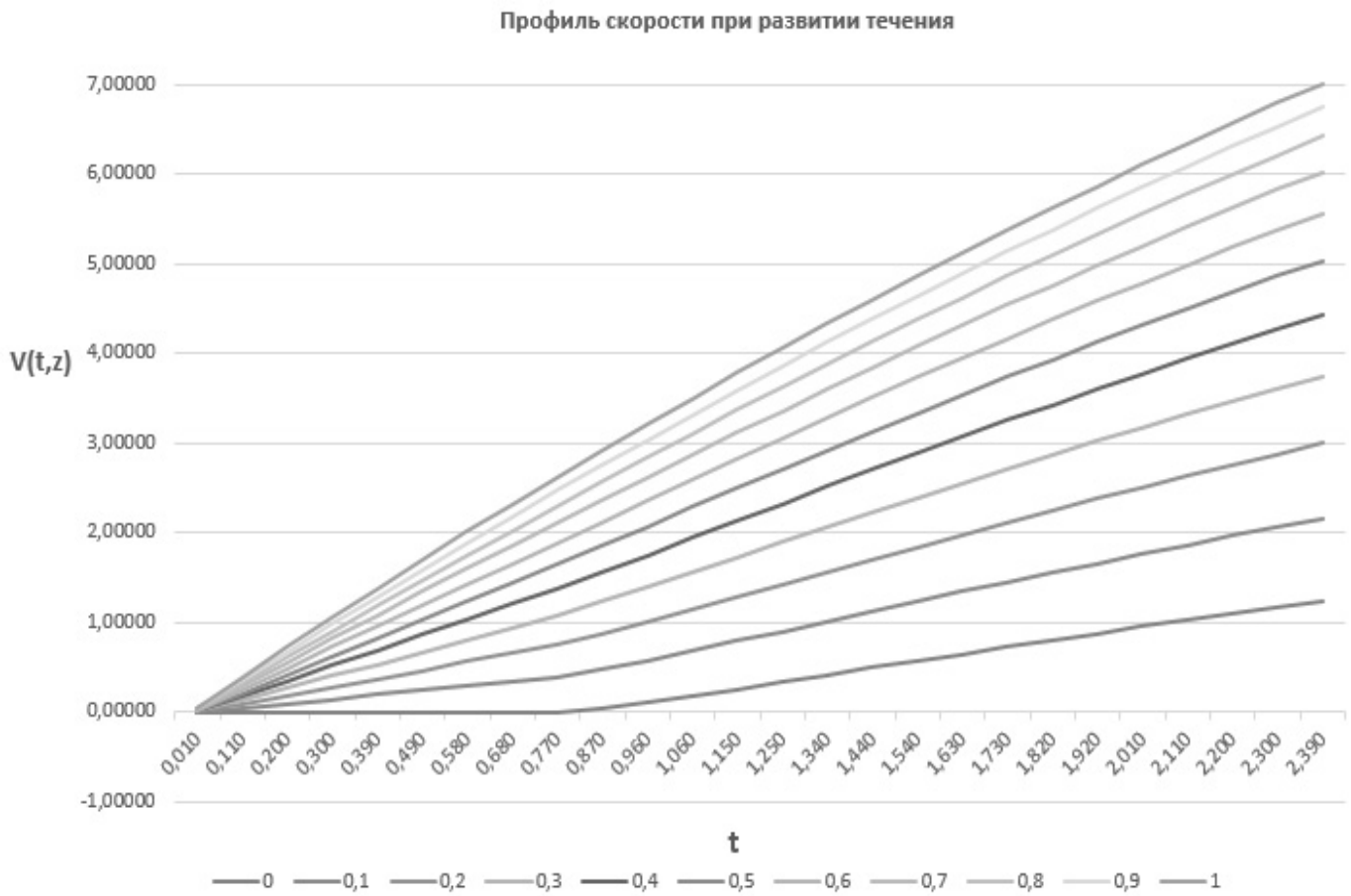


Рис. 4. Профиль скорости при развитии течения

не вполне корректных задач, т.к. в начальный момент область течения отсутствует. Как следствие, требование отсутствия особенностей решения начально-краевой задачи (10) — (14) при $t \rightarrow +0$ приводит к асимптотическому представлению

$$h(t) = At + \bar{o}(t), \quad V(z, t) = Bzt + B_1 z t^2 \left(1 - \frac{z}{2H}\right) + \bar{o}(t),$$

$$t \rightarrow 0$$

$$A = \frac{\eta}{\tau_s - \tau_d} \left[g \sin \alpha - \frac{\tau_s}{\rho H} \right], \quad B = \frac{1}{H} \left[g \sin \alpha - \frac{\tau_s}{\rho H} \right],$$

$$B_1 = \frac{A^2}{\nu H} g \sin \alpha \tag{15}$$

Для решения задачи применяется проекционный метод Бубнова-Галеркина с использованием в качестве базисных функций ортогональных полиномов Чебышёва первого рода. Представим функцию $V_x(z, t)$ в виде ряда по ортогональным полиномам Чебышёва:

$$V(z, t) \approx \sum_{n=0}^{N+2} V_n(t) T_n\left(2 \frac{z}{H} - 1\right),$$

$$T_n(z) = \cos(n \arccos z) \tag{16}$$

Представим (10) в виде:

$$\mathbb{F}[V] = -\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + \frac{h^2(t)}{\nu H^2} \left[\frac{\partial V}{\partial t} - z \frac{h'(t)}{h(t)} \frac{\partial V}{\partial z} - g \sin \alpha \right] = 0 \tag{17}$$

из (12) и (16) следует

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq t^* \\ (\tau(0, t) - \tau^*) / \lambda, & t^* < t \end{cases} \tag{18}$$

из (13) и (16)

$$\sum_{n=1}^{N+2} n^2 V_n(t) = \frac{h(t) \tau_s - \tau_d}{2 \eta} \tag{19}$$

из (14) и (16)

$$\frac{4\nu}{3h} \sum_{n=0}^{N+2} n^2(n^2-1)V_n(t) + 2h'(t) \sum_{n=1}^{N+2} n^2V_n(t) = -\frac{\tau_s h(t)}{\rho(H-h(t))} \quad (20)$$

Для того, чтобы приближенно выполнить уравнение (16), требуем:

$$\int_0^H \mathbb{F}[V]T_n(2\frac{z}{H}-1)dz = 0, \quad n=\overline{0, N} \quad (21)$$

$$A_{n,m}^{(0)} = \int_{-1}^1 T_n(x)T_m(x)dx$$

$$A_{n,m}^{(k)} = \int_{-1}^1 T_n(x)T_m^{(k)}(x)dx \quad (22)$$

$$-\left(\frac{2}{H}\right)^2 \sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(2)}V_m(t) + \frac{h^2(t)}{\nu H^2} \sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(0)}V_m'(t) -$$

$$-\frac{h(t)h'(t)}{2\nu H} \sum_{m=0}^{N+2} \left(A_{n,m}^{(1)} + \frac{1}{2}(A_{n+1,m}^{(1)} + A_{n-1,m}^{(1)}) \right) V_m(t) -$$

$$-\frac{h^2(t)}{\nu H^2} A_{n,0}^{(0)}g \sin \alpha = 0 \quad (23)$$

(18), (19), (23) представляет собой записанную в неявной форме систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Приведение её к нормальной форме Коши

$$\mathbf{Y}' = \mathbf{F}(t, \mathbf{Y}), \quad \mathbf{Y}=(V_0, V_1, \dots, V_N, h)^T \quad (24)$$

и нахождение величины Y' по известным в текущий момент времени t величинам Y выполняется в следующей последовательности.

Из (18) и (19) находим V_{N+1} и V_{N+2} по V_0, V_1, \dots, V_N и h , из (20) находим $h'(t)$ Далее продифференцируем (18) и (19) по t .

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n'(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq t^* \\ (\tau'(0, t) - \tau^*) / \lambda, & t^* < t \end{cases} \quad (25)$$

$$\sum_{n=0}^{N+2} n^2 V_n'(t) = \frac{h'(t) \tau_s - \tau_d}{2 \eta} \quad (26)$$

Уравнения (25), (26) и (23) представляют собой систему линейных алгебраических уравнений относительно $V_1, \dots, V_N, V_{N+1}, V_{N+2}$ Начальные условия для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (23) следуют из асимптотического представления (15) при $t=t_0, 0 < t_0 \ll 1$.

Результаты моделирования

Моделирование развития течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости проводится со следующими параметрами $\tau_d = 0.5\tau_s, \tau_s = 0.5\tau, \rho = 900, \eta = 128, H = 1, \lambda = 500$.

На рисунке 3 показано изменение границы зоны течения, в момент $t=0,77$ (пунктирная линия на графике) начинается проскальзывание вдоль твердой стенки и скорость роста зоны течения замедляется.

На рисунке 4 показан профиль скорости при развитии течения. В момент $t= 0,77$ происходит отрыв от твердой стенки, граничные условия в (25) меняются и скорость в точке $z=0$ начинает расти.

Заключение

Компьютерное моделирование в задачах развития течения вязкопластических сред эффективно реализуется на основе: 1) предварительного отображения области с подвижной границей на область с неподвижной границей; 2) дискретизации преобразованной начально-краевой задачи по независимой пространственной переменной на основе проекционного метода Бубнова-Галеркина с использованием в качестве базисных функций смещенных ортогональных полиномов Чебышева 1-го рода; 3) численного интегрирования полученной в результате задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. При этом в математических моделях развития течений корректная постановка начальных условий для соответствующих начально-краевых задач обеспечивается предварительным применением методов асимптотического интегрирования. Данный метод позволяет моделировать динамику поля скоростей среды и движение границы раздела, а также находить моменты времени, соответствующие началу проскальзывания среды. Однако для осесимметричных задач требуется развитие предложенного метода, связанное с наличием особых точек на оси симметрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафрончик А.И. Неустановившиеся течения вязкопластичной среды с учетом пристенного скольжения и «запаздывания» восстановления структуры // Математика. Механика: сб. научных трудов. — Вып. 2. — Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2000. — С. 174–177.

2. Сафрончик М.И. Развитие течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости // Математика. Механика: сб. научных трудов. — Вып. 11. — Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2009. — С. 136–140.
3. Slibar A., Paslay P.R. Retarded Flow of Bingham Materials // J. of Appl. Mech. — 1959 March. — P. 107–112.
4. Петров Н.П. Гидродинамическая теория смазки // Сб. под редакцией проф. Лейбензона Л.С. ГТТИЗ — М., 1934. — С. 245.

© Андрейченко Дмитрий Константинович, Сафрончик Мария Ильинична (safronchikmi@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Саратов

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МАРКИРОВАННЫМИ АУДИОСИГНАЛАМИ В ПОМЕЩЕНИИ¹

Гофман Максим Викторович

*К.т.н., доцент, Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I
maxgof@gmail.com*

COMPREHENSIVE INDOOR POSITIONING WITH WATERMARKED DIGITAL AUDIO SIGNALS²

M. Gofman

Summary. The article develops an complex method of positioning in a room, when as a communication channel, between a mobile point (smart device equipped with a microphone) and reference points (speakers of the room speaker system), an airborne audio channel is used, through which marked audio signals are transmitted. A feature of the method is that it uses a traditional approach based on solving a system of hyperbola equations, as well as an analytical approach based on finding the minimum of the objective function. The article presents the results of field experiments on positioning with marked audio signals in the room. Based on the results of field experiments, a statistical assessment of the positioning accuracy by the developed complex method was carried out. The standard deviation and the average value of the distances between the coordinate of the point of the true location of the microphone and the coordinates of this point, found as a result of applying the proposed complex method to the data obtained from field experiments on the transmission and reception of marked audio signals, are calculated.

Keywords: steganography, audio stegosystem, digital audio signal, audio watermarking, positioning, indoor positioning.

Аннотация. В статье разрабатывается комплексный метод позиционирования в помещении, когда в качестве канала связи, между мобильной точкой (оснащенное микрофоном смарт устройство) и опорными точками (динамики акустической системы помещения), используется воздушный аудиоканал, по которому передаются маркированные аудиосигналы. Особенностью разрабатываемого метода является то, что в нем применяется традиционный подход, основанный на решении системы уравнений гипербол, а также аналитический подход, опирающийся на поиск минимума целевой функции. В статье приведены результаты натурных экспериментов по позиционированию маркированными аудиосигналами в помещении. На основании результатов натурных экспериментов выполнена статистическая оценка точности позиционирования разрабатываемым комплексным методом. Вычислены стандартное отклонение и среднее значение расстояний между координатой точки истинного месторасположения микрофона и координатами этой точки, найденными в результате применения предлагаемого комплексного метода к данным, полученным из натурных экспериментов по передаче и приёму маркированных аудиосигналов.

Ключевые слова: стеганография, аудиостегосистема, цифровой аудиосигнал, маркирование аудиосигналов, позиционирование, позиционирование в помещении.

Введение

Помещение, представляя собой место в пространстве, ограниченное со всех сторон, зачастую позволяет оградить акустическую систему связи от шумов различного происхождения, например, городского или природного происхождения. В помещении можно ожидать меньший уровень постороннего акустического шума, в сравнении с воздушным аудиоканалом вне помещений, когда осуществляется вещание аудиосигналов, переносящих информацию, полезную для позиционирования.

В статьях [1–5] содержится обзор подходов для решения задачи позиционирования в помещении с помощью радиосигналов. Определение местоположения с помощью акустических сигналов может оказаться более точным подходом, чем подходы, использующие радиосигналы, когда протокол синхронизации между передатчиком и приёмником не может быть установлен. Так как из-за относительно низкой скорости звука в сравнении со скоростью света (обычно применяемой для оценки скорости распространения радиосигналов) небольшая ошибка в синхронизации в системах позиционирования, использующих аудиосигналы, приведёт

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (грант ИБ; Соглашение № 7/2020)

² The reported study was funded by Russian Ministry of Science (information security № 7/2020)

к значительно меньшей ошибке определения месторасположения, в сравнении с системами позиционирования, использующими радиосигналы.

Системы позиционирования обычно предполагают наличие некоторого числа опорных узлов, развёрнутых в заданных точках пространства, а также один или несколько мобильных узлов. Эта терминология не является универсальной, и часто зависит от технологии, положенной в основу. Например, в системах отслеживания, использующих сотовые сети связи, термин базовая станция используется для обозначения опорных узлов, тогда как термин мобильный телефон используется для обозначения мобильных узлов.

Помещения зачастую оборудованы акустическими системами. Так, по технике безопасности в помещениях обязательно должны присутствовать системы экстренного оповещения о чрезвычайных ситуациях. В статье [6] решается задача применения позиционирования с помощью маркирования аудиосигналов для поиска видеопирата в зале кинотеатра. В статьях [7–9] разрабатывается новый метод маркирования аудиосигналов, а в статье [10] предлагается адаптация традиционного метода позиционирования с помощью этого метода маркирования для случая, когда взаимные расстояния между микрофоном видеопирата и акустическими динамиками, используемыми в помещении, определены с достаточной степенью точности, чтобы существовало вещественное решение системы из трех уравнений гипербол.

Однако, на практике не всегда удаётся обеспечить требуемую точность, что сказывается на эффективности позиционирования с учетом ограничений на размеры помещения. В этой статье предлагается комплексный метод позиционирования, основанный, как на традиционном подходе, основанном на точном решении системы из уравнений гипербол, так и на минимизации целевой функции, получаемой в результате применения метода наименьших квадратов при поиске приближенного решения такой системы уравнений.

Формы представления цифрового аудиосигнала

Нормированный цифровой моно аудиосигнал можно представить в форме последовательности отсчетов — вещественных чисел, обычно принимающих значения из диапазона от -1 до 1 :

$$\mathbf{a} = a_1 a_2 a_3 \dots,$$

где $a_i \in [-1; 1]$, при этом $i \in \{1, 2, 3, \dots\}$. Когда цифровой аудиосигнал является стерео аудиосигналом или

имеет ещё больше, чем две аудиодорожки (например, квадрод аудиосигнал), то такой сигнал можно представить в виде матрицы, каждая строка которой определяет отдельную аудиодорожку:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & \dots \\ A_{2,1} & A_{2,2} & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots \\ A_{N_{Tx},1} & A_{N_{Tx},2} & \dots \end{pmatrix},$$

где N_{Tx} — количество аудиодорожек; $A_{i,j} \in [-1; 1]$, при этом $i \in \{1, 2, \dots, N_{Tx}\}, j \in \{1, 2, \dots\}$.

Для корректного вещания аудиосигнала, состоящего из нескольких аудиодорожек, требуется использовать несколько акустических излучателей (например, акустических динамиков) по количеству аудиодорожек.

Комплексный метод позиционирования

Для верного определения координат мобильного узла в трехмерном пространстве требуется как минимум четыре опорных узла. Таким образом, когда в качестве опорных узлов используются акустические излучатели, а в качестве мобильного узла — мобильное устройство с микрофоном, то для позиционирования в трехмерном пространстве требуется использовать четыре акустических динамика.

Пусть отправителем используются четыре динамика для вещания аудиосигналов с четырьмя аудиодорожками (то-есть $N_{Tx} = 4$). Предположим, что отправитель с помощью метода маркирования, разрабатываемого в статьях [7–9], синхронно внедряет четыре маркера, каждый в отдельную аудиодорожку маркируемого цифрового аудиосигнала. Синхронное внедрение предполагает, что на стороне отправителя номера начальных отсчетов, с которых начинается внедрение каждого из маркеров, для всех четырех маркеров — одинаковые, то-есть передача маркеров во времени начинается одновременно со всех четырёх акустических динамиков.

Получатель, выполнив с помощью микрофона, например, стереозапись распространяющегося от акустических динамиков аудиосигнала, а затем, преобразовав записанный сигнал в цифровую форму, формирует таким образом цифровой стерео аудиосигнал:

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} B_{1,1} & B_{1,2} & \dots \\ B_{2,1} & B_{2,2} & \dots \end{pmatrix},$$

где $B_{i,j} \in [-1; 1]$ — это отсчеты записанного цифрового аудиосигнала. Записанный микрофоном цифровой

аудиосигнал можно рассматривать как комбинацию из аудиосигналов, переданных четырьмя акустическими динамиками отправителя. Предполагается, что частота выборки при преобразовании отправителем маркированного цифрового аудиосигнала в аналоговую форму равна частоте дискретизации при преобразовании получателем записанного с помощью микрофона аналогового аудиосигнала в цифровую форму.

В традиционных системах позиционирования мобильный узел обычно является активным участником процесса позиционирования, что обычно выражается в наличии протокола синхронизации между опорными узлами и мобильным узлом. Это, в свою очередь, позволяет выполнить оценку расстояний между мобильным узлом и опорными узлами. Далее эти оценки расстояний, а также известные координаты опорных узлов можно использовать для формирования и решения системы из уравнений сфер, в центре которых располагаются опорные узлы. В статье [11] можно найти сравнение численных методов приближенного решения таких систем. Получаемые таким образом точки пересечения сфер можно рассматривать как оценки координат мобильного узла.

Однако, когда позиционирование выполняется на основании записи аудиосигнала, начавшейся в произвольный момент времени, тогда для определения координат микрофона вместо оценки расстояний до динамиков можно использовать разницы в расстояниях между микрофоном и парами динамиков. Пусть получатель, применив предложенный в статьях [9,12] метод обнаружения маркеров к записанному аудиосигналу в цифровой форме, определил номера отсчетов, с которых начинаются маркеры, отправленные посредством соответствующих акустических динамиков. Обозначим номера этих отсчетов символами: $n_{1,k}, n_{2,k}, n_{3,k}, n_{4,k}$, при этом первый нижний индекс указывает на номер акустического динамика отправителя, а второй — на номер маркера, отправленного соответствующим динамиком. Так как маркеры отправлялись во времени синхронно, то можно оценить разницу в расстояниях между микрофоном и парой динамиков, один из которых первый динамик, а другой — оставшийся из трех, по следующей формуле:

$$R_{1,i,k} = \frac{n_{1,k} - n_{i,k}}{F_s} v,$$

где $i \in \{2,3,4\}$, F_s — это частота дискретизации аналогового сигнала, записанного микрофоном получателем, v — скорость распространения акустических волн в воздушной среде от акустических излучателей отправителя до микрофона получателя.

Пусть координаты (x, y, z) акустических динамиков отправителя следующие: первый динамик $(0,0,0)$, вто-

рой динамик $(x_2, 0,0)$, третий динамик $(x_3, y_3, 0)$, четвертый динамик (x_4, y_4, z_4) . Если координаты на практике окажутся не такими, то их всегда можно свести к таким с помощью смещения начала координат, вращений координатных осей и координатных плоскостей. Определение координат микрофона (x_M, y_M, z_M) получателя маркированного аудиосигнала осуществляется с помощью решения следующей системы из трех уравнений гипербол:

$$\begin{cases} \sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2} - \sqrt{(x_M - x_2)^2 + y_M^2 + z_M^2} = R_{1,2,k}, \\ \sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2} - \sqrt{(x_M - x_3)^2 + (y_M - y_3)^2 + z_M^2} = R_{1,3,k}, \\ \sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2} - \sqrt{(x_M - x_4)^2 + (y_M - y_4)^2 + (z_M - z_4)^2} = R_{1,4,k}. \end{cases}$$

В статье [10] предложен метод решения такой системы. Когда эта система не имеет вещественного решения, тогда поиск координат осуществляется по методу наименьших квадратов, примененному к этой системе уравнений, что, по сути, заключается в поиске следующего минимума:

$$\min_{(x_M, y_M, z_M, k)} F(x_M, y_M, z_M, k).$$

где $F(x_M, y_M, z_M, k)$ обозначает следующую целевую функцию:

$$\begin{aligned} F(x_M, y_M, z_M, k) &= (\sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2} - \sqrt{(x_M - x_2)^2 + y_M^2 + z_M^2} - R_{1,2,k})^2 \\ &+ (\sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2} - \sqrt{(x_M - x_3)^2 + (y_M - y_3)^2 + z_M^2} - R_{1,3,k})^2 \\ &+ (\sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2} - \sqrt{(x_M - x_4)^2 + (y_M - y_4)^2 + (z_M - z_4)^2} - R_{1,4,k})^2. \end{aligned}$$

Так как требуется выполнять поиск координат (x_M, y_M, z_M) микрофона в ограниченном пространстве помещения, то при вынесении решения о возможном местоположении микрофона следует учитывать размеры помещения. Исчерпывающий поиск минимума $F(x_M, y_M, z_M, k)$, даже в ограниченном диапазоне значений аргументов функции, является вычислительно трудоёмкой задачей. Поэтому, обычно, для поиска минимума используются итеративные численные методы поиска, например алгоритм Давидона (Davidon), детально описанный в статье [11].

Результаты натуральных экспериментов

Для оценки точности позиционирования с помощью маркированных аудиосигналов, полученных с помощью предложенного в статьях [7–9, 12] метода маркирования цифровых аудиосигналов, была собрана лабораторная установка и проведены натурные эксперименты по позиционированию в помещении. Лабораторная установка состояла из:

- ◆ четырех акустических динамиком Edifier R1280DB;
- ◆ четырёх капсульного микрофона AKG Lyra, настроенного на режим работы Tight Stereo (фронтальная стереозапись);
- ◆ компьютера, оснащённого звуковой картой Realtek ALC887, на базе материнской платы ASUS P8Z77-V LX;
- ◆ среды разработки MATLAB R2020a, использованной для создания программной составляющей модели аудиостегосистемы с множественным входом (несколько акустических динамиков) и множественным выходом (несколько микрофонов или многокапсульный микрофон).

Для передачи маркированного аудиосигнала, состоящего из четырех аудиодорожек, использовались

четыре динамика Edifier R1280DB ($N_{Tx} = 4$), а для записи — микрофон AKG Lyra, настроенный на режим фронтальной стереозаписи.

Микрофон располагался в координатах $(x, y, z) = (0; 0; 203 \text{ (см)})$. Нумерация динамиков, их координаты, а также нумерация аудиодорожек маркированного аудиосигнала, которые вещались ими, были следующими:

- ◆ 1-й динамик располагался в координатах $(0; 0; 0)$;
- ◆ 2-й динамик располагался в координатах $(-23 \text{ см}; 0; 0)$;
- ◆ 3-й динамик располагался в координатах $(34 \text{ см}; 10 \text{ см}; 0)$;
- ◆ 4-й динамик располагался в координатах $(17 \text{ см}; 17 \text{ см}; -30.5 \text{ см})$.

С помощью каждого из динамиков было отправлено по 10 маркеров, т.е. в общем было отправлено 40 маркеров; поэтому переменная k , представленная в вышеприведенных формулах, принимала значения от 1 до 10. Частота выборки маркированного цифрового аудиосигнала при вещании акустическими динамиками, также как и частота дискретизации в микрофоне обе были равными 44100 Гц. Параметры маркирования были такими, что маркер во времени занимал 44.41 секунды. Передача 40 маркеров (каждый динамик, одновременно с остальными, вещал соответствующую аудиодорожку, содержащую по 10 маркеров) с учетом заградительных интервалов (10% от длительности маркера) между ними занимала

$$10 \cdot 1.1 \cdot 44.41 \text{ сек} \cong 488.51 \text{ сек.}$$

С помощью микрофона, работающего в режиме стерео, была получена запись, состоящая из двух аудиодорожек. Каждая из двух записанных им аудиодорожек

рассматривалась как комбинация аудиодорожек, которые вещались каждым из четырех акустических динамиков. Аудиодорожки, представляя собой векторы, подвергались анализу для решения задачи позиционирования. На основании записанных двух аудиодорожек были получены 30 замеров разниц в расстояниях между микрофоном и парами динамиков: по 10 замеров для каждой из двух записанных аудиодорожек и 10 замеров для суммы аудиодорожек (переход в моно аудиосигнал).

Поиск минимума функции $F(x_M, y_M, z_M, k)$ выполнялся с помощью средств математической программы MATLAB с учетом следующих значений границ помещения: $|x_M| < 220 \text{ см}$, $|y_M| < 220 \text{ см}$, $|z_M| < 220 \text{ см}$. Из 30 полученных замеров 8 замеров привели к точкам минимума с координатами, выходящими за границы помещения. Точки минимума, расположенные за границами помещения не учитывались при оценке статистических показателей качества разрабатываемого комплексного метода позиционирования. Итак, натурные эксперименты показали следующее:

- ◆ среднее значение расстояний между найденными координатами микрофона и истинными координатами оказалось равным 145 (см)
- ◆ стандартное отклонение расстояний между найденными координатами микрофона и истинными координатами оказалось равным 31 (см).

В статье [6] утверждается, что с помощью метода маркирования Nakashima-Tachibana-Babaguchi (использованы фамилии авторов указанной статьи) достигается среднее значение расстояний между вычисленными и истинными координатами микрофона равное 40 (см), при этом стандартное отклонение составляет 133 (см). Однако, метод маркирования, предложенный в статье [6], в отличие от разработанного в статьях [7–9, 12] метода маркирования, для достижения указанных показателей требует таких значений сил встраивания маркера, при которых становятся значительно слышимыми акустические артефакты от результатов внедрения маркера. Таким образом, разработанный в статьях [7–9, 12] метод маркирования цифровых аудиосигналов, позволяет достичь хороших показателей точности позиционирования при такой силе встраивания маркеров, которая обеспечивает отсутствие слышимости артефактов от внедрения маркера в аудиосигнал.

Заключение

В статье был предложен комплексный метод позиционирования маркированными аудиосигналами в помещении. Выполнена статистическая оценка точности позиционирования с помощью предложенного

комплексного метода. В качестве статистических показателей были использованы стандартное отклонение и среднее значение расстояний между координатной точкой истинного месторасположения микрофона и координатными точками, найденными в результате минимизации целевой функции по данным, полученным из натуральных экспериментов по передаче и при-

ёму маркированных аудиосигналов. Статистические показатели точности позиционирования, полученные по результатам натуральных экспериментов, показывают принципиальную возможность позиционирования в помещении маркированными аудиосигналами, полученными с помощью методов маркирования, предложенными в статьях [7–9, 12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Dardari D., Closas P., Djurić P.M. Indoor tracking: Theory, methods, and technologies // *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. — 2015. — Т. 64. — № 4. — С. 1263–1278.
2. Liu H., Darabi H., Banerjee P., Liu J. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*. — 2007. — Т. 37. — № 6. — С. 1067–1080.
3. Alarifi A., Al-Salman A., Alsaleh M., Alnafessah A., Al-Hadhrami S., Al-Ammar M.A., Al-Khalifa H.S. Ultra wideband indoor positioning technologies: Analysis and recent advances // *Sensors*. — 2016. — Т. 16. — № 5. — <https://doi.org/10.3390/s16050707>
4. Mesmoudi A., Feham M., Labraoui N. Wireless sensor networks localization algorithms: a comprehensive survey // *arXiv preprint arXiv:1312.4082*. — 2013.
5. Moreno D., Ochoa S.F. Understanding the resource positioning methods that support mobile collaboration // *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. — 2016. DOI:10.1109/SMC.2016.7844805.
6. Nakashima Y., Tachibana R., Babaguchi N. Watermarked movie soundtrack finds the position of the camcorder in a theater // *IEEE Transactions on Multimedia*. — 2009. — Т. 11. — № 3. — С. 443–454.
7. Гофман М.В. Методика скрытой передачи данных при связи через воздушный аудиоканал // *Труды СПИИРАН*. 2017. Вып 2. С. 97–22.
8. Гофман М.В., Корниенко А.А., Мирончиков Е.Т., Никитин А.Б. Цифровое маркирование аудиосигналов для робастной скрытой акустической связи через воздушный аудиоканал // *Труды СПИИРАН*. — 2017. — Вып. 6. — С. 185–215.
9. Гофман М.В., Корниенко А.А., Глухарев М.Л. Метод детектирования маркера в цифровом аудиосигнале авторизованным получателем // *Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы*. — 2020. — Вып. 4. — С. 58–71
10. Гофман М.В. Корниенко А.А., Глухов А.П. Методика позиционирования маркированными аудиосигналами // *Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы*. — 2018. — № 4. — С. 120–129.
11. Kanaan M., Pahlavan K. A comparison of wireless geolocation algorithms in the indoor environment // *2004 IEEE wireless communications and networking conference (IEEE Cat. No. 04TH8733)*. — IEEE, 2004. — Т. 1. — С. 177–182.
12. Гофман М.В. Разработка модели многоканальной аудиостегосистемы на основе маркирования цифровых аудиосигналов // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки»*. — 2021 г. — № 6. стр. 78–83. — DOI 10.37882/2223–2966.2021.06.11

© Гофман Максим Викторович (maxgof@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ МОДЕЛИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Игнатьев Денис Алексеевич

Аспирант, Институт Вычислительной
математики и Математической Геофизики (ИВМиМГ
СО РАН) (г. Новосибирск)
den.ignatev@gmail.com

DEVELOPMENT OF A SELF- LEARNING MODEL OF COLLECTION AND PROCESSING OF INFORMATION ON A GRAPHIC PROCESSOR FOR RECOGNIZING MULTI-PARAMETER OBJECTS

D. Ignatiev

Summary. Automatic object recognition is a demanded task for many industries, from military intelligence to manufacturing. The ability to visually monitor the environment without an observer has the potential to increase productivity. The purpose of this work is to develop a self-learning model for collecting and processing information on a graphics processor for recognizing multiparameter objects. The results showed that the GPU-assisted deep network implementation provides a fast solution for general object recognition. The lack of inherent properties of the system makes it impractical for most industrial applications. However, it should also be noted that none of the initial properties of the system make it particularly convenient for finding patterns in images, unlike other input spaces. In particular, nothing in the system uses the input space structure that comes with the use of images. Potential improvements can be exploited by integrating other techniques used for image recognition into a constrained Boltzmann machine or deep network. Thus, the proposed system does an excellent job with the assigned tasks and can be useful in useful areas.

Keywords: automatic object recognition, neural network, self-learning model, graphics processor, multi-parameter objects.

Аннотация. Автоматическое распознавание объектов является востребованной задачей для многих отраслей промышленности, начиная от военной разведки и заканчивая производством. Возможность визуального мониторинга окружающей среды без наблюдателя потенциально приводит к повышению производительности. Целью данной работы является разработка самообучающейся модели сбора и обработки информации на графическом процессоре для распознавания многопараметрических объектов. Полученные результаты показали, что реализация глубокой сети с помощью графического процессора обеспечивает быстрое решение для общего распознавания объектов. Отсутствие врожденных свойств системы делает ее непрактичной для большинства промышленных применений. Однако следует также отметить, что никакие исходные свойства системы не делают ее особенно удобной для поиска шаблонов в изображениях, в отличие от других входных пространств. В частности, ничто в системе не использует структуру входного пространства, которая идет с использованием изображений. Возможные улучшения могут быть использованы путем интеграции других методов, используемых для распознавания изображений, в ограниченную машину Больцмана или глубокую сеть. Таким образом, предложенная система отлично справляется с поставленными задачами и может быть полезной в полезных областях.

Ключевые слова: автоматическое распознавание объектов, нейронная сеть, самообучающаяся модель, графический процессор, многопараметрические объекты.

Введение

Автоматическое распознавание объектов является востребованной задачей для многих отраслей промышленности, начиная от военной разведки и заканчивая производством [1, 2].

Возможность визуального мониторинга окружающей среды без наблюдателя потенциально приводит к повышению производительности. Например, изображения с беспилотных летательных аппаратов, могут быть отсканированы для раннего обнаружения угроз

и обеспечения надлежащих мер предосторожности. Если задача сформулирована и имеются данные предметной области, могут быть созданы сложные программируемые системы. Однако, из-за сложности визуального ввода общая мультимедийная система требует высокой вычислительной мощности [3, 4, 5].

Доступ к памяти в GPU является связанным — если считывается минимальная единица текстуры трёхмерного объекта, пиксел текстуры или тексель, то через несколько тактов считывается соседний тексель; если записывается пиксель, то через несколько тактов будет

записываться соседний [6]. Разумно организовав память, можно получить производительность, близкую к теоретической пропускной способности [7]. Это означает, что GPU, в отличие от CPU, не требуется огромного кэша, поскольку его роль заключается в ускорении операций текстурирования. В этом случае необходимы килобайты, содержащие несколько текстелей, используемых в билинейных и трилинейных фильтрах [8].

Благодаря методам вычислений на графических процессорах (GPU) возможно улучшить качество систем распознавания образов на графических изображениях. Использование графических процессоров является наиболее целесообразным. GPU предназначен для быстрой визуализации изображений, поэтому эффективно использовать те же аппаратные комплекты для распознавания образов. GPU также имеют ряд недостатков по сравнению с CPU: слабое ветвление и строгие ограничения памяти. Однако реализация такой системы на GPU возможна, она способна обеспечить оперативное и точное решение проблем [9, 10].

Цель данной работы

Разработка самообучающейся модели сбора и обработки информации на графическом процессоре для распознавания многопараметрических объектов.

Материалы и методы

Описываемая в рамках данной работы система разработана в программно-аппаратной архитектуре параллельных вычислений CUDA. Одним из ограничивающих факторов CUDA является то, что ядра не могут быть определены или выполнены внутри класса, что является технически выполнимым может происходить, но не чисто объектно-ориентированным способом. Это обусловлено необходимостью определений ядер с помощью директивы `__global__`. В результате вызовы должны выполняться из статических функций внутри основного файла.cu, а не внутри класса. При этом классы имеют полный доступ к памяти устройства. Классы могут хранить указатели на расположение устройств, выделять память на устройстве и копировать между устройством и хостом [11, 12, 13].

Учитывая перечисленное выше, система была спроектирована следующим образом. Классы созданы для подкомпонентов, используемых всеми системами. Эти сущности содержат всю системную информацию и могут представлять содержащиеся в ней данные. Созданы классы более высокого уровня, которые упорядочивают эти подкомпоненты таким образом, чтобы определить предполагаемую систему обучения. Эти классы высокого уровня связаны с файлами.cu, кото-

рые определяют ядра и основные процессы, происходящие во время обучения. Наконец, класс «тренера» используется для управления увиденными примерами и процессом обучения.

В настоящее время внедрены три системы обучения. Ограниченная Машина Больцмана содержит простейшую структуру, содержащую всего два слоя и связь между ними. Сеть глубоких убеждений содержит 3 слоя и соответствующие связи. Нейронная сеть содержит дополнительный верхний уровень с k двоичными единицами, где k — количество классов в данных [13, 14, 15].

Каждая система содержит ряд функций передачи к подкомпонентам для получения системных фактов и местоположения памяти устройства. Вызов функций действует как оболочка, которая придает служебному уровню больше смысла в отношении его использования в системе. Кроме того, каждый системный класс позволяет загружать и сохранять отдельные подкомпоненты одним вызовом [16, 17].

Файлы *.cu, связанные с машиной, определяют ядра и режимы обучающих систем [18]. Программа использует `#defines` для создания конфигурации системы, которая будет использоваться для обучения. Это, конечно, требует перекомпиляции при каждом изменении системы. Может показаться, что этого можно избежать с помощью файла конфигурации, который можно редактировать в виде обычного текста и читать скомпилированной программой. Однако во время тестирования это вызвало некоторые проблемы с замедлением работы ряда ядер CUDA. Замедление происходит, когда условие цикла зависит от переданной переменной. Это происходит независимо от того, хранится ли эта переменная на устройстве или хосте. Если переменная хранится в `#define`, компилятор знает точное значение во время компиляции и может оптимизировать. Скорее всего, это происходит в форме разворачивания цикла, но это также может обеспечить некоторую гарантию итераций, необходимых для реального объединения обращений к памяти [19].

Как правило, при работе с CUDA рекомендуется хранить все данные, к которым необходимо получить доступ в ядре, в памяти устройства. Время передачи между хостом и устройством является самым медленным из всех обращений к памяти, поэтому его следует избегать любым способом [20, 21]. Однако в случае обновления веса несколько переменных (импульс и скорость обучения) передаются по значению без какого-либо измеримого замедления. Скрытие задержки, которое выполняется, позволяя готовым потокам запускаться в ожидании медленного доступа к памяти, объясняют

аналогичные сроки. Однако это не относится к более быстрым вычислениям, таким как проход вверх.

Помимо этого, остальная часть реализации была простой, а объектно-ориентированная структура компонентов позволяла создавать чистый и простой код. Как и в случае со всем кодом, есть возможности для улучшения и, безусловно, еще более краткий способ проектирования частей системы. Были использованы методы гибкой разработки, и система была разработана в течение нескольких итераций.

База данных MNIST представляет собой большую коллекцию рукописных цифр от 0 до 9. Набор данных представляет собой подмножество из более крупной базы данных NIST с некоторыми изменениями, чтобы сделать его более стандартизированным [18]. Набор содержит 60 000 обучающих примеров и 10 000 тестовых изображений. Все цифры были нормализованы по размеру и центрированы. Центрированы относительно вычисленного центра масс пикселей. Изображения 8-битные, серого оттенка, в отличие от исходных двоичных данных, в результате нормализации.

Самая низкая частота ошибок в тестовом наборе составляет 0,23% при использовании из 35 сверточных сетей и дополнительных методов. Этот результат также использовал эластичное искажение данных, чтобы, по сути, позволить увидеть больше обучающих примеров. 3-слойный NN с 500 и 150 скрытыми блоками, использующими данные MNIST, привел к частоте ошибок 2,95%.

Этот набор данных использовался для проверки системы и для того, чтобы увидеть преимущества, полученные от различных методов обучения. Использовались только исходные данные, и системы обучались с использованием постоянного числа эпох и последовательных темпов обучения по всем методам. Данные были представлены системе как «вероятность пикселя», что означает, что значение оттенков серого каждого пикселя было преобразовано в диапазон от 0 до 1. Система содержала 784 визуальных слоя, 512 скрытых слоев, 512 скрытых слоев и верхний слой из 10 блоков softmax.

Первый запуск системы был обучен с использованием CD_1 . Для каждой части обучения было выбрано стандартное количество эпох, чтобы можно было сравнить с более поздними версиями. Производительность системы могла бы быть улучшена за счет более длительных циклов, поскольку, похоже, не происходило переобучения, что очевидно при сравнении свободной энергии на данных обучения и проверки. Изучались только сравнительные графики свободной энергии

из прогона PCD. Используемая в ходе исследования конфигурация системы для MNIST выглядит следующим образом: 10 единиц Softmax, 512 скрытых единиц двоичного 0 или 1, 784 визуального блока 28×28 плавающих изображений 0–1. Используемая в ходе исследования конфигурация системы для NORB выглядит следующим образом: 5 единиц Softmax, 4096 скрытых единиц двоичного 0 или 1, 9216 визуального блока 96×96 плавающих изображений 0–1.

Идентичная система использовалась для тренировки с использованием CD_5 . Тренировка прошла примерно в четыре раза медленнее, чем CD_1 . Результаты классификации показали улучшение примерно на 0,2% по всем наборам. Считается, что система не ухудшилась от переобучения.

Эта же система была обучена с использованием непрерывной цепи Маркова по мини-пакетам и эпохам. Это было единственное отличие от тренировочных прогонов CD_n . Было выявлено, что свободная энергия данных проверки не будет резко расти по сравнению с данными обучения. При этом фактическое значение свободной энергии произвольно, и RBM второго уровня имеет более высокие значения. Ошибка нейронной сети быстро улучшается с самого начала из-за того, что веса верхнего уровня примерно совпадают с правильными конфигурациями предпоследнего слоя. Прогресс становится более постепенным, поскольку веса начинают точно настраиваться для классификации.

Слои, которые были предварительно обучены с помощью PCD, затем были настроены с помощью методов, описанных ранее. Точно настроенные слои затем использовались для инициализации нейронной сети. Частота исходных ошибок была немного выше, скорее всего, из-за случайной инициализации веса верхнего уровня. Глобально настроенная сеть стабильно опережала комплексные RBM по всем наборам данных.

Набор данных NORB был разработан для проверки общего распознавания 3D-объектов. Было сфотографировано 50 игрушек из 5 классификационных групп в различных условиях. Категории: четвероногие животные, человеческие фигуры, самолеты, грузовики и автомобили. Две камеры использовались для получения стереоизображений при различных условиях освещения, возвышениях и углах.

Данные представлялись системе в виде «вероятностей» пикселей с плавающей запятой между 0 и 1. Для ускорения обучения второе изображение каждого стереовхода было выброшено. Это вдвое уменьшает размер входных данных и значительно сокращает время обучения. Предварительное обучение RBM

Таблица 1. Параметры обучения

	Эпохи	Размер мини-пакета	Распределение Гиббса	Скорость обучения	Снижение скорости обучения
RBM уровень 1 (CD ₁)	50	100	1	0.001	0
RBM уровень 2 (CD ₂)	50	100	1	0.001	0
Нейронная сеть	200	20	–	0.01	0.0001
RBM уровня 1 (PCD)	50	100	1	0.001	0
RBM уровня 2 (PCD)	50	100	1	0.001	0
Глобальная тонкая настройка	100	100	1	0.001	0.0001
RBM NORB уровня 1	500	100	1	0.001	0.0001
RBM NORB уровня 2	500	100	1	0.001	0.0001
FPCD	100	100	1	0.001	0.0001

Таблица 2. Параметры тренировки

	Эпохи	Размер мини-пакета	Распределение Гиббса	Скорость обучения	Снижение скорости обучения
RBM уровень 1 (CD ₃)	50	100	5	0.001	0
RBM уровень 2 (CD ₃)	50	100	5	0.001	0

Таблица 3. Результаты классификации

	Обучающая последовательность	Набор валидации	Набор тестов
с использованием CD1			
Источник	1193	151	273
Ошибочная классификация	2.2%	2.5%	2.7%
с использованием CD5			
Источник	1054	132	259
Ошибочная классификация	1.95%	2.2%	2.6%
PCD			
Источник	1088	127	257
Ошибочная классификация	2.01%	2.1%	2.6%
Глобально настроенная DBN			
Источник	933	117	242
Ошибочная классификация	1.7%	1.95%	2.4%
Набор данных NORB			
Источник	13683	1527	15367
Ошибочная классификация	23.7%	24%	29.8%

казалось неэффективным, поскольку ошибка валидации начиналась относительно выше после первой эпохи и постепенно снижалась. Возможно, данные были слишком сложными или ввод необработанных пикселей был неправильным методом. Успех был достигнут при использовании сырых пиксельных данных на аналогичном обучающем устройстве, известном как Глубокая машина Больцмана. Это обобщение

машины Больцмана, к которой добавлено несколько «невидимых» уровней. В отличие от «видимых» уровней, которые моделируют наблюдаемую конфигурацию спинов, по «невидимым» уровням производится суммирование. Более высокая скорость обучения, использованная в этом исследовании, также могла объяснить улучшение предварительной подготовки и лучшие результаты классификации.

Результаты

Полученные параметры обучения для различных систем представлены в таблице 1. Полученные параметры тренировки представлены в таблице 2.

Система четко научилась различать 5 классов. Один графический процессор для настольных ПК способен находить различия между 5 довольно похожими типами объектов. Более глубокий анализ результатов дает некоторое представление о реальных приложениях такой системы и исходной постановке проблемы.

Окончательная нейронная сеть способна выполнить 50 классификаций за 192 мс. Это означает, что при разрешении 96x96 текущая система способна анализировать более 250 изображений в секунду. Эти изображения, конечно, также могут быть образцами изображения. Это позволяет анализировать изображения гораздо большего размера, если система обучена на таких данных. Например, если система была обучена путем нарезки изображений с беспилотника на равные части, она могла бы анализировать одно большое изображение, используя нарезки таких же размеров. Более того, поскольку используется один графиче-

ский процессор для настольных ПК, было бы возможно и, скорее всего, рентабельно иметь массив таких устройств, использующих одни и те же предварительно обученные параметры, но анализирующих разные сегменты системы.

Вывод

Результаты показывают, что реализация глубокой сети с помощью графического процессора обеспечивает быстрое решение для общего распознавания объектов. Отсутствие врожденных свойств системы делает ее непрактичной для большинства промышленных применений. Однако следует также отметить, что никакие исходные свойства системы не делают ее особенно удобной для поиска шаблонов в изображениях, в отличие от других входных пространств. В частности, ничто в системе не использует структуру входного пространства, которая идет с использованием изображений. Возможные улучшения могут быть использованы путем интеграции других методов, используемых для распознавания изображений, в ограниченную машину Больцмана или глубокую сеть. Таким образом, предложенная система отлично справляется с поставленными задачами и может быть полезной в полезных областях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев, А.Д. Нейроматематика. Книга 6: учебное пособие для вузов [Текст] / А.Д. Агеев, А.Н. Балухто, А.В. Бычков, С.А. Верещагин и др. — М.: ИПРЖР, 2002. — 448 с.
2. Wang, M.Y. Regionlets for generic object detection [Text] / M.Y. Wang, S. Zhu, Y. Lin // International Conference on Computer Vision. — Sydney, 2013. — pp. 17–24.
3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.
4. Тархов, Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. Книга 18 [Текст] / Д.А. Тархов. — М.: Радиотехника, 2005. — 256 с.
5. Царегородцев, В.Г. Свёрточные нейронные сети с полиномиальными (high-order) сумматорами нейронов [Электронный ресурс] // URL: <http://neuropro.ru/метод334.shtml> (дата обращения 10.06.2021).
6. Козадаев, А.С. Принципы реализаций искусственной нейронной сети [Текст] / А.С. Козадаев // Вестник Тамбовского университета. — 2010. — No 1. — Т. 15. — С. 108–110.
7. Васильев, В.И. Распознающие системы. Справочник. 2-е издание [Текст] / В.И. Васильев. — Киев: Наукова думка, 1983. — 424 с.
8. Галушкин, А.И. Нейрокомпьютеры и их применение: учебное пособие для ВУЗов. Книга 1 — Теория нейронных сетей [Текст] / А.И. Галушкин. — М.: ИПРЖР, 2000. — 416 с.
9. Cadieu, C.F. Deep Neural Networks Rival the Representation of Primate IT Cortex for Core Visual Object Recognition [Text] / C.F. Cadieu, H. Hong, D.L.K. Yamins, N. Pinto // Computational Biology. — 2014. — Vol. 10. — pp. 1–18.
10. Everitt, B.S. Cambridge Dictionary of Statistics, 4th edition [Text] / B.S. Everitt. — Cambridge University Press, 2010. — 480 p.
11. Ciresan, D.C. Handwritten Digit Recognition with a Committee of Deep Neural Nets on GPUs [Text] / D.C. Ciresan, U. Meier, L.M. Gambardella, J. Schmidhuber // International Conference on Computer Vision. — Portugal, 2011. — pp. 240–254.
12. Reed, S. Training Deep Neural Networks on Noisy Labels with Bootstrapping [Text] / S. Reed, D. Anguelov, C. Szegedy, D. Erhan, A. Rabinovich // Neural and Evolutionary Computing. — 2014. — Vol. 4. — pp. 412–428.
13. Желтов, С.Ю. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения [Текст] / С.Ю. Желтов. — М.: Физматкнига, 2010. — 672 с.
14. Забалуев, М. Описание реализации программы. Оценка производительности эмуляции нейронной сети [Текст] / М. Забалуев. — М.: Модуль, 1999. — 22 с.
15. Shaika, K.B. Comparative Study of Skin Color Detection and Segmentation in HSV and YCbCr Color Space [Text] / K.B. Shaika, P. Ganesana, V. Kalista, B.S. Sathisha // Computer Science. — 2015. — Vol. 57. — pp. 41–48.
16. Царегородцев, В.Г. Оптимизация предобработки признаков выборки данных: критерии оптимальности [Текст] / В.Г. Царегородцев // Нейрокомпьютеры. — 2005. — No4. — С. 32–40.

17. Agostinelli, F. Learning Activation Functions to Improve Deep Neural Networks [Text] / F. Agostinelli, M. Hoffman, P. Sadowski, P. Baldi // International Conference on Learning Representations. — Puerto Rico, 2015. — pp. 1024–1032.
18. Goyal, S. Object Recognition Using Deep Neural Networks: A Survey [Text] / S. Goyal, P. Benjamin // Neural and Evolutionary Computing. — 2014. — Vol. 2. — pp. 1–16.
19. Carreira, S. Constrained parametric min-cuts for automatic object segmentation [Text] / S Carreira, C. Sminchisescu // Transactions on pattern analysis machine intelligence. — 2012. — Vol. 34. — pp.1312–1328.
20. Fink, G.A. Models for Pattern Recognition From Theory to Applications [Text] / G.A. Fink, B.M. Markov. — Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. — 424 p.
21. Girshick, R. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation [Text] / R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik // Computer Vision and Pattern Recognition. — Columbus, 2014. — pp. 580–587.

© Игнатьев Денис Алексеевич (den.ignatev@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Новосибирск

ОПИСАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНОГО МЕТОДА СИНТЕЗА МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ВЕРХНЕБЕРЕЗОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ»

Калиберда Игорь Владимирович

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал)

СКФУ в г. Пятигорске

kaliberda.igor@ya.ru

**DESCRIPTION OF THE STABILITY
OF A HYDRODYNAMIC SYSTEM USING
THE FREQUENCY METHOD
OF SYNTHESIS OF MULTIDIMENSIONAL
SYSTEMS ON THE EXAMPLE
OF THE «VERKHNEBEREZOVSKAYA
PLOSHCHAD DEPOSIT»**

I. Kaliberda

Summary. The mathematical model of the mineral water deposit "Verkhneberezovskaya square" is considered. A hodograph is described in the form of logarithmic amplitude and phase frequency surfaces, which can be used in the interpretation of the Nyquist stability criterion by graphs. A frequency method for the synthesis of multidimensional systems is considered, when the input effects to a distributed controller are realized in the form of a discrete function over space. The condition under which the object belongs to the class of spatially invariant is shown. It is concluded that the frequency method of synthesis of regulators is a convenient tool for describing the stability of hydrodynamic systems.

Keywords: method of synthesis of regulators, control system with distributed parameters, hydrolithospheric processes.

Аннотация. Рассмотрена математическая модель месторождения минеральных вод «Верхнеберезовская площадь». Описан годограф в виде логарифмических амплитудной и фазовой частотных поверхностей, который можно использовать в интерпретации критерия устойчивости Найквиста по графикам. Рассмотрен частотный метод синтеза многомерных систем, когда входные воздействия в распределенный регулятор реализуются в виде дискретной функции по пространству. Показано условие, при котором объект принадлежит к классу пространственно-инвариантных. Сделан вывод, что частотный метод синтеза регуляторов представляется удобным инструментом при описании устойчивости гидродинамических систем.

Ключевые слова: метод синтеза регуляторов, система управления с распределенными параметрами, гидролитосферные процессы.

Введение

Процессы, происходящие в реальной среде, содержат как временную составляющую, так и координаты трехмерного пространства. Математические уравнения, описывающие модели рассматриваемых изменений, выражаются, как правило с использованием частных производных. Системный анализ таких изменений, в связи с этим, сильно усложняется.

В качестве объекта исследования выступает месторождение минеральных вод «Верхнеберезовская площадь», расположенное к югу от г. Кисловодска. Необходимо описать устойчивость гидродинамической системы. Так как в данном случае не существует

решения математической модели, применяется метод аппроксимации, который описывает действие объекта по выбранным пространственным модам. По сути предлагается дискретный аналог математической модели, который в свою очередь обладает численным решением. Наиболее известные методы данного направления:

- ◆ МКА — методы конечномерной аппроксимации;
- ◆ ДБСУ — декомпозиции билинейных систем управления;
- ◆ ЧМ — частотный метод.

МКА в литературе подробно рассмотрены, например, такими авторами как К. Г. Валеев и О. А. Жаутыков. В частности, для бесконечных систем ДУ даны теоремы существования решений и, причем их единственности. Развивая теорию управления и идентификации отно-

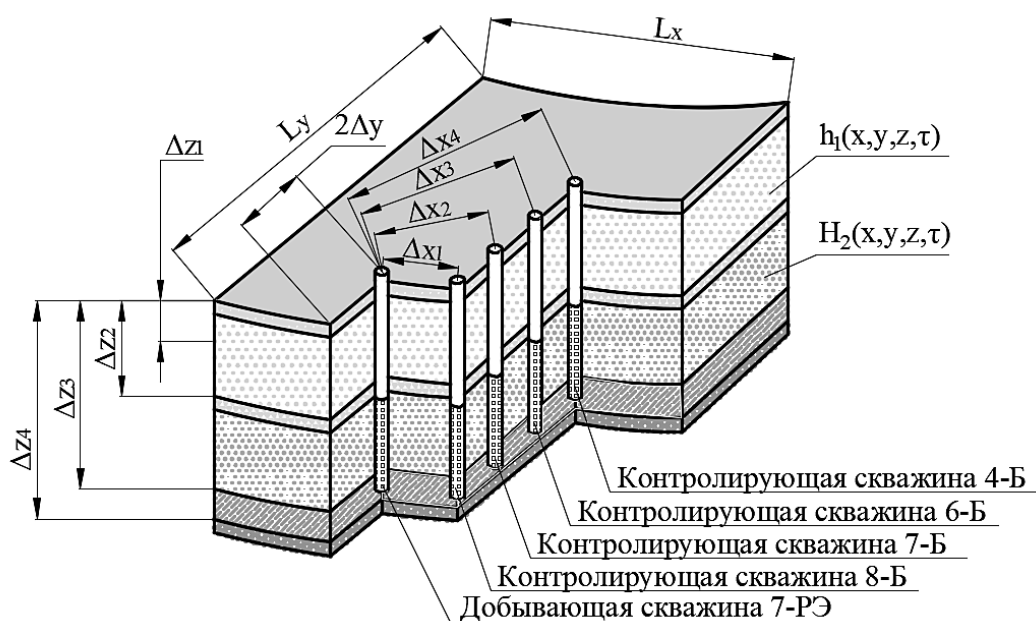


Рис. 1. Схема месторождения

Описание пород:

	- валунно-галечниковые отложения;
	- песчанник красновато-бурый кварцевый;
	- гранитная дресва;
	- песчанник разноокрашенный, глинистый, слюдястый;
	- глина красная песчанистая;
	- кристаллические сланцы зеленовато-серые;

сительно билинейных динамических систем, Ю.И. Самойленко [9] разработал теоретико-групповые методы оптимизации и ДБСУ. Информационная энтропия протонной подсистемы была рассмотрена как носитель дискретной информации в описываемых молекулярных сенсорах и вычислительных устройствах, что и стало основой метода управления расположением протонов в водородных связях. Частотный метод (ЧМ) разработан И.М. Першиным и подробно изложен в работах [1–4]. ЧМ используется в системах с распределенными параметрами (СРП), когда для динамических характеристик объектов при выбранном числе пространственных мод определяются на основе экспериментальных данных. ЧМ СРП включает следующие составные части:

1. Методика анализа.
2. Определение частотных критериев устойчивости.
3. Аппроксимация характеристик объектов с учетом набора сосредоточенных звеньев.
4. Формирование структуры регулятора.
5. Методика синтеза для СРП.

Особое внимание уделяется переходу от бесконечно мерного фазового пространства к конечномерному. Если на данном этапе не учесть существенных свойств распределенного объекта, то в итоге возможно получить описание совсем другого процесса. Предпочтение решениям данного направления отдано частотному методу.

Описание метода

Рассмотрим математическую модель месторождения минеральных вод «Верхнеберезовская площадь», состоящую из одной добывающей скважины, четырех контролирующих скважин и двух водоносных пластов (h_1 , H_2). Схема расположения скважин представлена на рисунке 1.

Процесс взаимосвязей между пластами может быть записан в виде системы уравнений на стр. 50, где:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial h_1(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} &= k_{1,x} \frac{\partial^2 h_1(x, y, z, \tau)}{\partial x^2} + k_{1,y} \frac{\partial^2 h_1(x, y, z, \tau)}{\partial y^2} + k_{1,z} \frac{\partial^2 h_1(x, y, z, \tau)}{\partial z_1^2}; \\ \frac{\partial H_2(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} &= \frac{1}{\eta_2} \left(k_{2,x} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z, \tau)}{\partial x^2} + k_{2,y} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z, \tau)}{\partial y^2} + k_{2,z} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z, \tau)}{\partial z_2^2} \right) \\ &+ V \cdot \delta(x_{0,j}, y_{0,j}, z_{0,j}) \\ 0 < x < L_x; 0 < y < L_y; 0 < z < L_{z_4} \end{aligned} \right.$$

h_1 — напор в горизонте грунтовых вод;
 H_2 — напор во 2-м водоносном горизонте;
 $k_{i,x}, k_{i,y}, k_{i,z}$ — коэффициенты фильтрации по пространственным координатам в горизонте грунтовых вод ($i=1,2$);
 η_i — упругость i -го пласта ($i=2$);
 $V=Q \times K\phi$ — понижение напора, вызванное воздействием добывающей скважины (Q – дебит добывающей скважины, $K\phi$ — заданный коэффициент);
 $\delta(x_{0,j}, y_{0,j}, z)$ — функция, равная единице, если $x=x_{0,j}, y=y_{0,j}, z_1 \leq z \leq z_2$, и равная нулю в других случаях;
 x, y, z — пространственные координаты;
 τ — время.

Граничные условия горизонта грунтовых вод и вторым пластом записываются в следующем виде:

$$\begin{aligned} h_1(x, y, L_{z_1}, \tau) &= h_1(x, y, L_{z_1}, \tau) + \\ &+ b_1 \cdot (H_2(x, y, 0, \tau) - h_1(x, y, L_{z_1}, \tau)), \\ H_2(x, y, 0, \tau) &= H_2(x, y, 0, \tau) - \\ &- b_1 \cdot (H_2(x, y, 0, \tau) - h_1(x, y, L_{z_1}, \tau)). \end{aligned}$$

Для нижней границы второго пласта условие будет иметь вид:

$$\partial H_2(x, y, L_{z_2}, \tau) / \partial z = 0.$$

Граничные условия по бокам моделируемой области будут иметь вид:

$$\begin{aligned} h_1(0, y, z, \tau) &= h_{1,0}; H_2(0, y, z, \tau) = H_{2,0}, \\ \partial h_1(L_x, y, z, \tau) / \partial x &= 0; \partial H_2(L_x, y, z, \tau) / \partial x = 0. \end{aligned}$$

где $h_{1,0}, H_{2,0}$ — начальные состояния грунтовых вод пластов.

Решение

Для определения динамических характеристик месторождения минеральных вод «Верхнеберезовская площадь» необходима дискретная модель объекта. Схема дискретизации представлена на рисунке 2.

Для грунтовых вод модель будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta h_{1,\eta,\gamma,\xi}}{\Delta \tau} &= k_{1,x} \frac{h_{1,\eta-1,\gamma,\xi} - 2 \cdot h_{1,\eta,\gamma,\xi} + h_{1,\eta+1,\gamma,\xi}}{(\Delta x)^2} + \\ &+ k_{1,y} \frac{h_{1,\eta,\gamma-1,\xi} - 2 \cdot h_{1,\eta,\gamma,\xi} + h_{1,\eta,\gamma+1,\xi}}{(\Delta y)^2} + \\ &+ k_{1,z} \frac{h_{1,\eta,\gamma,\xi-1} - 2 \cdot h_{1,\eta,\gamma,\xi} + h_{1,\eta,\gamma,\xi+1}}{(\Delta z_1)^2}; \end{aligned}$$

$$2 < \eta < N_x - 1; 2 < \gamma < N_y - 1; 2 < \xi < N_{z_1} - 1$$

где:
 N_x, N_y — число точек дискретизации по координатам x и y соответственно;

N_{z_i} — число точек дискретизации i -го пласта по координате $z(i=1,2)$;

η, γ, ξ — пространственные координаты.

Для второго пласта модель будет иметь аналогичный вид.

Входным воздействием на объект управления служит дебит добывающей скважины Q_j . В работах [1–3] достаточно подробно описаны передаточные функции (ПФ) распределенных звеньев. Реакция объекта по выбранной моде (η, γ) входного воздействия будет представлена в виде:

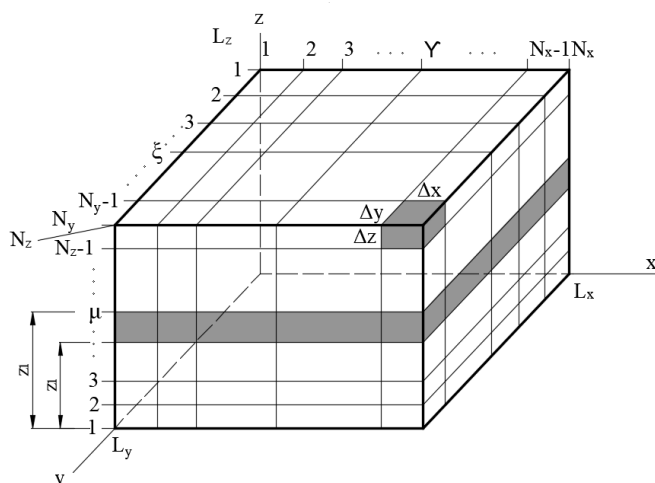


Рис. 2. Схема дискретизации

$$W_{0,\eta,\gamma}(s) = \frac{\exp(\beta_{\eta,\gamma} \cdot z^*) + \exp(-\beta_{\eta,\gamma} \cdot z^*)}{\lambda \cdot \beta_{\eta,\gamma} \cdot (\exp(\beta_{\eta,\gamma} \cdot z_L) - \exp(-\beta_{\eta,\gamma} \cdot z_L))},$$

$$(\eta, \gamma = \overline{1, \infty}), \quad (1)$$

где:

$$\beta_{\eta,\gamma} = \left(\frac{s}{a} + \psi_{\eta}^2 + \tilde{\varphi}_{\gamma}^2 \right)^{1/2};$$

s — оператор Лапласа;

a, z, z_L — заданные числа;

$\psi_{\eta}, \tilde{\varphi}_{\gamma}$ — пространственные частоты; $(\eta, \gamma = \overline{1, \infty})$.

Теперь объект с СРП можно описать в виде ПФ полученного образца (1), а каждая ПФ — отношением бесконечных полиномов.

Представим в (1) $s=j\omega$ и получим комплексный передаточный коэффициент (КПК) СРП по пространственным модам:

$$W_{0,\eta,\gamma}(j\omega) = \frac{\exp(\beta_{\eta,\gamma} \cdot z^*) + \exp(-\beta_{\eta,\gamma} \cdot z^*)}{\lambda \cdot \beta_{\eta,\gamma} \cdot (\exp(\beta_{\eta,\gamma} \cdot z_L) - \exp(-\beta_{\eta,\gamma} \cdot z_L))},$$

$$(\eta, \gamma = \overline{1, \infty}), \quad (2)$$

где:

$$\beta_{\eta,\gamma} = \left(\frac{j\omega}{a} + \psi_{\eta}^2 + \tilde{\varphi}_{\gamma}^2 \right)^{1/2};$$

СРП, у которой КПК можно описать выражением (2), относится к классу пространственно-инвариантных. Из этого следует, что решение при квазистационарном воздействии распадается по собственным вектор-функциям оператора объекта. Данные вектор-функции можно представить в виде комбинации $\sin(\cdot)$ & $\cos(\cdot)$. Теперь данный объект можно представить в виде совокупности независимых блоков с комплексными передаточными коэффициентами вида (2). Отсюда следует, что пространственная мода, при прохождении через объект управления, изменяет только амплитуду.

Если изменять в (2) ω от 0 до ∞ , то получим бесконечный спектр частотных характеристик СРП, представленный на рисунке 3, а.

Введем дискретную функцию (ДФ) $G_{\eta,\gamma}$ и обозначим ее через выражение:

$$G_{\eta,\gamma} = \psi_{\eta}^2 + \tilde{\varphi}_{\gamma}^2, \quad (\eta, \gamma = \overline{1, \infty}) \quad (3)$$

Данная функция изменяется в пределах $G_i = G_{1,1} \leq G_{\eta,\gamma} \leq \infty$. При переходе от ДФ $G_{\eta,\gamma}$ к непрерывной G , охватывающей весь спектр дискретных значений ДФ $G_{\eta,\gamma}$ выражение (1) примет вид:

$$W_0(G, s) = \frac{\exp(\beta_{\eta,\gamma} \cdot z^*) + \exp(-\beta_{\eta,\gamma} \cdot z^*)}{\lambda \cdot \beta_{\eta,\gamma} \cdot (\exp(\beta_{\eta,\gamma} \cdot z_L) - \exp(-\beta_{\eta,\gamma} \cdot z_L))},$$

$$(\eta, \gamma = \overline{1, \infty}), \quad (4)$$

где:

$$\beta_{\eta,\gamma} = \left(\frac{s}{a} + G \right)^{1/2}, \quad G_i \leq G \leq \infty$$

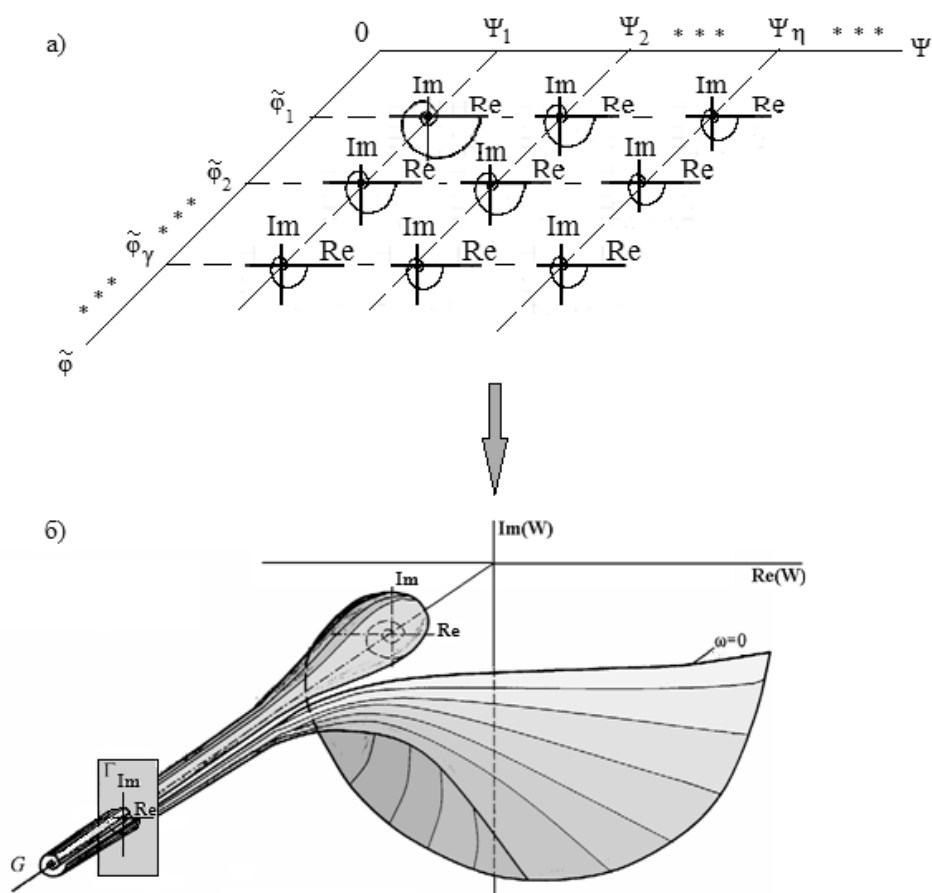


Рис. 3. Пространственный годограф

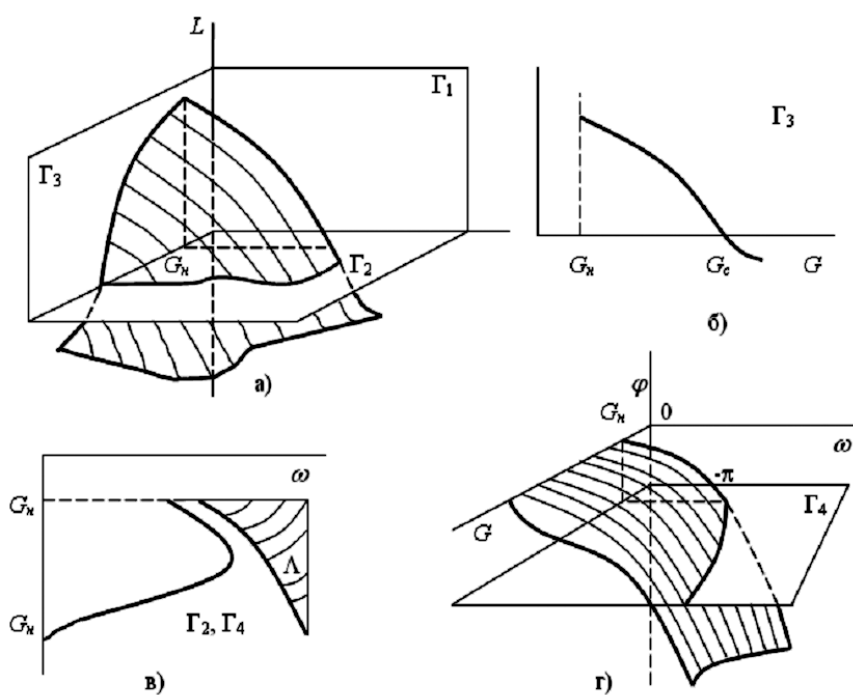


Рис. 4. Частотные поверхности

В случаях гидродинамических систем, когда можно оценить динамику процесса, передаточную функцию можно аппроксимировать функцией следующего вида:

$$W(s, G) = K \cdot e^{-\beta \cdot \Delta z}, \quad G_i \leq G \leq \infty, \quad (5)$$

где:

$K, \Delta z$ — параметры гидролитосферного объекта.

Изменяя в (4) ω от 0 до ∞ , а $G_i \leq G \leq \infty$, получим пространственный годограф, включающий весь спектр частотных характеристик по пространственным модам, см. рис. 3, б.

Полученный годограф в виде логарифмических амплитудной и фазовой частотных поверхностей можно использовать для анализа устойчивости гидродинамической системы на основе критерия Найквиста по графикам. Положим, что характеристические полиномы рассматриваемой СРП по каждой пространственной моде не имеют полюсов, лежащих в правой полуплоскости. Тогда, критерием устойчивости замкнутой системы будет условие не пересечения линии среза модуля на совмещенной плоскости Γ_2 и Γ_4 с областью А, как показано на рисунке 4, в. На рисунке 4, а представлена амплитудная частотная поверхность, на рисунке 4, г — фазовая поверхность.

Рассмотрим частотный метод синтеза многомерных систем. Входные воздействия в распределенный регулятор реализуются в виде дискретной функции по пространству. Значения функции выхода распределенного объекта измеряются в конечном числе точек. Матрица комплексных передаточных коэффициентов объекта, связывающая ξ -й вход с m -м выходом записывается в виде [1, 2]:

$$W_{0, \eta, \gamma}(j\omega) = [W_{m, \xi}], \quad (m, \xi = \overline{1, n}). \quad (6)$$

Представим входное воздействие на объект в виде ряда:

$$\alpha_\gamma(\tau) = \sum_{\eta=1}^n \tilde{N}_\eta(\tau) \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \eta \cdot y_\gamma}{L}\right);$$

$$L = \Delta y \times (n + 1); y_\gamma = \Delta y \times \gamma, \quad (\gamma = \overline{1, n}); \quad (7)$$

где: Δy — заданное положительное число;

y_γ — точки дискретизации $(\gamma = \overline{1, n})$.

Полагая в (6) $\tilde{N}_\eta(\tau) = \exp(j\omega\tau)$, где ω — круговая частота, определим реакцию объекта (6) на каждую пространственную моду:

$$T_{\eta, \gamma}(j\omega\tau) = \exp(j\omega\tau) \cdot \sum_{\xi=1}^n W_{\gamma, \xi} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \eta \cdot \xi}{n+1}\right), \quad (\eta, \gamma = \overline{1, n}) \quad (8)$$

Запишем комплексный передаточный коэффициент по каждой пространственной моде:

$$W_\eta(y_\gamma, j\omega) = \frac{T_{\eta, \gamma}}{\exp(j\omega\tau) \cdot \sin(\pi \cdot \eta \cdot \gamma) / (n+1)}, \quad (9)$$

Объект принадлежит к классу пространственно-инвариантных, если (9) записывается в виде:

$$W_\eta(y_\gamma, j\omega) = W_\eta(j\omega), \quad (\gamma = \overline{1, n}) \quad (10)$$

Подставляя (9) в (10) и преобразуя, получим дискретный аналог условия пространственной инвариантности объекта [1, 2]:

$$\sum_{\xi=1}^n W_{\gamma, \xi} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \eta \cdot \xi}{n+1}\right) = W_\eta \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \eta \cdot \gamma}{n+1}\right). \quad (11)$$

Запишем уравнение (11) в виде:

$$W \cdot \chi = W_\eta \cdot \chi_\eta; \quad \chi_\eta = [\chi_{\eta, \xi}];$$

$$\chi_{\eta, \xi} = \sin(\pi \cdot \eta \cdot \xi / (n+1)); \quad (12)$$

$$(\xi = \overline{1, n}); \quad (\gamma = \overline{1, n})$$

Из соотношения (12) следует [1]: объект (6) принадлежит к классу пространственно-инвариантных, если $\chi_\eta, (\eta = \overline{1, n})$ являются собственными векторами матрицы W .

Заключение

Таким образом, ЧМ синтеза регуляторов представляется наиболее удобным инструментом при создании СРП, систем управления рассматриваемым процессом. В отличие от сосредоточенных систем частотный метод анализа и синтеза распределенных систем оперирует бесконечным набором пространственных мод (собственных вектор-функций оператора объекта). Состояние каждой пространственной моды описывается в бесконечном фазовом пространстве. Показано, что частотные характеристики распределенных объектов могут быть представлены бесконечной совокупностью частотных характеристик по пространственным модам. Поскольку рассматриваемые моды обладают свойствами ортогональности, то использование обобщенной координаты позволило перейти к амплитудным и фазовым частотным поверхностям. С помощью рассматри-

ваемых частотных поверхностей возможно получить графическую интерпретацию критерия устойчивости Найквиста для выделенного класса систем с распределёнными параметрами на примере месторождения

минеральных вод «Верхнеберезовская площадь». В современных работах авторов [4–5] разработаны специальные наборы звеньев и блоков, используемых в процедуре синтеза СРП управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Першин И. М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. Издательство РИА КМВ. 2007. 243с.
2. Малков А.В., Першин И. М. Системы с распределенными параметрами. Анализ и синтез. — М.: Научный мир, 2012. — 476с.
3. Першин И. М. Синтез систем с распределенными параметрами: проблемы и перспективы // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 6. С. 2–10.
4. Першин И. М. Частотная концепция анализа и синтеза систем с распределенными параметрами: монография. — Пятигорск: ПФ СКФУ. 2021. — 172 с.
5. Чернышев А.Б., Ильюшин Ю. В. Устойчивость распределенных систем с дискретными управляющими воздействиями. //Известия Южного федерального университета. — 2010. — № 12. — С. 166–171.
6. Рапопорт Э. Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами. /Учебн. пособие. — М.: Высшая школа, 2009. — 677 с.
7. Хацкевич В.П. О решении задачи аналитического конструирования регуляторов для распределенных систем. //Автоматика и телемеханика. — 1972. — № 3. — С. 5–14.
8. Бутковский А.Г., Дарнинский Ю. В., Пустыльников Л. М. Управление распределенными системами путем перемещения источника. //Автоматика и телемеханика. — 1974. — № 5. — С. 11–30.
9. Бутковский А.Г., Самойленко Ю. И. Управление квантово-механическими процессами. — М.: Наука, 1984. — 256 с.

© Калиберда Игорь Владимирович (kaliberda.igor@ya.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Пятигорск

DOI 10.37882/2223–2966.2021.09.18

РИСКИ ОБОРОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

RIKES OF DEFENSE ENTERPRISES AND THEIR MANIFESTATION AT DIFFERENT STAGES OF THE PRODUCT LIFE CYCLE

A. Kravtsov
A. Kryukov

Summary. The concept of the life cycle of an industrial product is considered and its main stages are shown. A study of the risks inherent in defense enterprises at various stages of the product life cycle has been carried out. The research of the scientific category of risk and the concept of uncertainty, inseparable from it, has been carried out. It is shown that experimental and designed works as a stage of the life cycle faces the greatest number of risks. The classification of risks is presented and it is shown that the most significant risks are production and personnel (management) risks. The necessity of assessing production risks of experimental and designed works has been substantiated.

Keywords: defense enterprises, production risks, uncertainty, risk assessment, classification of risks.

Кравцов Андрей Андреевич

*К.т.н, доцент, АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей»
a.kravcov@almaz-antey.ru*

Крюков Алексей Анатольевич
*АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей»
alexeykryukov@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрено понятие жизненного цикла изделия промышленного назначения и основные его этапы. Проведено исследование рисков, присущих оборонным предприятиям на различных этапах жизненного цикла изделий. Проведено исследование научной категории риска и неотделимого от него понятия неопределенности. Показано, что ОКР как этап жизненного цикла, сталкивается с наибольшим количеством рисков. Представлена классификация рисков и обосновано, что наиболее значимыми рисками являются производственные и кадровые (управленческие) риски. Обоснована необходимость оценки производственных рисков ОКР.

Ключевые слова: оборонные предприятия, производственные риски, неопределенность, оценка риска, классификация рисков.

Деятельность по созданию и эксплуатации В и ВТ сопряжена со множеством проблем, оказывающих влияние на заключение и исполнение контрактов, а также на создание и поставку В и ВТ. Среди основных проблем следует назвать геополитическую ситуацию, сложившуюся в результате действующих против Российской Федерации санкций по инициативе ЕС, США и других стран, а также осложнения в связи с глобальной пандемией коронавируса. Это нарушило ранее отлаженные деловые контакты, сократило объем заказов и инвестиций в ОПК, ограничило закупки материалов и комплектующих. На фоне внешнеэкономических санкций негативный эффект на финансирование ОПК оказывает общее ослабление национальной экономики. Это проявляется в сокращении бюджетных расходов на ОПК, снижению платежеспособности и финансовой устойчивости оборонных предприятий.

Доходы оборонных предприятий во многом ограничены ГОЗ, поэтому повышение прибыли предприятия ОПК возможно, как правило, лишь при снижении затрат, хотя действующая система ценообразования этого не гарантирует. Актуальной остается кадровая проблема, которая заключается в нехватке высококвали-

фицированных кадров и потере конкурентоспособности предприятий ОПК на рынке труда [1].

Создание и эксплуатация ВВТ осуществляется в рамках жизненного цикла продукции, под которым подразумевается совокупность взаимосвязанных процессов изменения состояния продукции при ее создании, использовании (эксплуатации) и ликвидации (с избавлением от отходов путем их утилизации и/или удаления) [2].

Жизненный цикл продукции можно рассматривать как «проект». Согласно определению ГОСТ Р ИСО 9000–2015, жизненный цикл является процессом изменения состояний продукции. В зависимости от набора таких «состояний» жизненный цикл состоит из стадий:

- ◆ формирование и обоснование концепции проекта и его идеи;
- ◆ разработка технического предложения;
- ◆ разработка технического задания (далее — ТЗ);
- ◆ проведение ОКР (при необходимости НИОКР, ОТР);
- ◆ серийное производство и испытания образцов;
- ◆ модернизация продукции;

- ◆ использование (эксплуатация) разработанных образцов;
- ◆ сервисное обслуживание и ремонт;
- ◆ ликвидация.

В нормативной документации содержатся требования к каждой стадий жизненного цикла и их детализация. Стадии жизненного цикла могут быть как строго последовательными, так и проходить одновременно. Ключевыми стадиями жизненного цикла продукции являются НИР и ОКР, поскольку именно на этих стадиях оценивается результативность проектов, достижимость поставленных целей и задач проекта, закладываются эксплуатационные характеристики будущих образцов В и ВТ, формируются конкурентные преимущества конструируемых образцов [3].

Деятельность предприятий ОПК при создании средств вооружения в рамках государственного оборонного заказа сопряжена с неопределенностью и повышенным уровнем риска на всех этапах жизненного цикла изделий. Выявленные в ходе анализа проблемы являются следствием отсутствия эффективной системы оценки рисков оборонных предприятий, прежде всего на этапе ОКР [4].

Обратимся к научной литературе для анализа существующих подходов к трактовке категории риска и неопределимого от него понятия неопределенности.

Авторы А.Т. Шилкина, А.Г. Савкин рассматривают понятие «риск» как характеристику управления в условиях неопределенности и недостаточности информации при выборе альтернативы. Риск определяют как потенциально существующую вероятность потери ресурсов или неполучения доходов в результате принятия решения [5]. Критерии выбора альтернативного решения и его результативность оцениваются на основе вероятности возникновения и меры влияния негативных факторов внешней среды бизнеса [5]. По мнению авторов, размер потерь в условиях неопределенности является ценой риска, а величина успеха (дохода или другой выгоды) — платой за риск.

Рассмотрим определение категории риска, содержащееся в нормативных документах в управленческой практике. Согласно ГОСТ Р ИСО 31000–2010 — «Менеджмент риска. Принципы и руководство», риск — это влияние неопределенности на цели. В ГОСТ Р 51897–2002 «Менеджмент риска. Термины и определения» говорится, что риск — сочетание вероятности события и его последствий, результатом которых является отклонение заданных (фактических) параметров процесса или проекта от запланированных.

Принятие управленческих решений при правлении ОКР и/или предприятием является непрерывным процессом, реализуемым в условиях неопределенности и основанным на объективной, полной, достоверной, своевременной и оперативной информационно-аналитической базе. Неопределенность порождает возникновение на практике ситуаций с непредсказуемым исходом, требуя принятия решений с помощью экономико-математических моделей двух типов [4]:

- ◆ ситуация принятия решения в условиях риска, когда существует множество вероятных исходов в результате каждого предпринятого действия, вероятность которых может быть вычислена или экспертно оценена;
- ◆ ситуация принятия решения в условиях неопределенности, когда имеется множество вероятных исходов для каждого предпринятого действия, вероятность которых не может быть вычислена или оценена.

Принятие решения в условиях риска происходит в условиях неизвестной вероятности появления рисков ситуаций и их влияния на конечный результат ОКР. Вероятность оценивается различными методами математической статистики, теории вероятностей. Поэтому идентификация, оценка и мониторинг рисков является приоритетной задачей для принятия управленческих решений.

Научный подход к определению риска как экономической категории рассматривается в рамках двух концепций. Авторы Д. Милль, Н. Сениор считают, что плата за риск является частью получаемых выгод. Риск оценивается как ущерб (математическое ожидание потерь) в результате принимаемого управленческого решения. По мнению А. Маршалла, А. Пигу, руководитель принимает решения в условиях неопределенности, оценивая предполагаемые выгоды и вероятность их получения при различных сценариях. Д. Кейнс под «потерями от риска» понимал отклонение фактического дохода от ожидаемого [6]. Доход невозможен без неопределенности и является ее следствием, при ее отсутствии он равен 0.

Рассмотрим взаимосвязь понятий неопределенности и риска. Ф. Найт указывает кардинальные отличия данных понятий, поскольку риск можно оценить количественно, в отличие от неопределенности: «риск — это «оцениваемая неопределенность» [7].

Аналогичное мнение высказывают Т. Бачкаи и Д. Месена, трактуя ситуации риска как ситуации с оценкой вероятности появляющихся событий. Отклонение от цели, достижение которой требует принятия решения, является проявлением риска. Риск в таком случае

трактуются как уровень неопределенности ожидаемого результата, или как вероятность неудачи или наоборот, выигрыша от принятого решения, выбора альтернативы среди возможных [8].

В.М. Гранатуров определяет условия появления ситуации риска, определяющие его сущность:

- ◆ необходимость принятия управленческого решения, выбора альтернативы из нескольких возможных вариантов;
- ◆ отклонение от цели проекта, что требует принятия решения и выбора альтернатив;
- ◆ численная оценка вероятности различных исходов принятия решения и выбора альтернатив;
- ◆ неопределенность исхода конкретной ситуации, что отражает вероятность достижения или недостижения поставленной цели;
- ◆ вероятность недополучения выгод или потерь ресурсов при реализации выбранной в условиях неопределенности альтернативы.

Однозначного и общепринятого подхода к определению риска в законодательстве или научной литературе сегодня не существует. Это обусловлено многогранностью и многоаспектностью риска, разными подходами к его пониманию в различных сферах науки и практики, где риск трактуется по-разному [9].

Другие авторы под риском понимают ситуацию неопределенности как неотъемлемой составляющей принятия решений, которая может привести как к получению выгод, так и потерь вследствие принимаемого решения. Неопределенность связана с событиями, которые приводят к возможным потерям или выгодам вследствие принимаемых решений для достижения целей и задач ОКР, и характеризуется вероятностью появления данных событий, которые могут быть как благоприятными, так и неблагоприятными [10].

В работе [6] риском считается вероятность неблагоприятного результата, потерь ресурсов, недополучения выгод, недостижения целей и задач проекта, нанесения ущерба населению, имуществу и окружающей среде.

Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев определяют риск как опасность возникновения ущерба, угрозу появления неких событий, которые повлекут за собой убытки и потери; угроза превышения фактических потерь над ожидаемыми, или получения более низких доходов по сравнению с планируемыми в ходе предпринимательской деятельности или реализации проекта [11].

В.А. Абчук считает риск ситуативной характеристикой, которая отражает неопределенность исхода проекта или замысла и вероятность неблагоприятного

результата при неудаче. Риск определяется также как следствие действия либо бездействия, в результате которых возникает неопределенный исход с позитивным или негативным влиянием на результат деятельности. Принятие решения — это обоснование и реализация мероприятий по достижению поставленных целей и преодоление неопределенности путем выбора альтернативы с количественной и качественной оценкой вероятности достижения или недостижения ожидаемого результата, или отклонения от него [12]. Автором подчеркивается важность оценки рисков для принятия решений и достижения целей проекта.

В.В. Ковалёв считает, что риск — оценка степени достижимости и реализуемости принимаемого управленческого решения и возможных при этом потерь [13].

В научных трудах П.Г. Грабового риск — это отдельное случайное событие или множество взаимосвязанных и взаимозависимых случайных событий, наносящих ущерб проекту [14]. Аналогично другой автор понимает под риском событие, которое угрожает успешному достижению поставленных целей и задач проекта. Это вероятность возникновения случайного события на протяжении жизненного цикла изделия или проекта [15].

Риск трактуется как вероятность отклонения от поставленных целей и задач, ожидаемых результатов проекта, и оценивается до начала проектных работ. Под риском также понимается вероятность отклонений индикаторов эффективности от нормативных или эталонных значений; вероятность ненаступления прогнозируемых событий [16].

Аналогично высказанным ранее позициям авторов, А.П. Альгин считает, что риск — это возможность отклонения от поставленной цели, достижение которой требует принятия решения [17]. Г.И. Храмов трактует риск как совокупность управленческих мероприятий и действий, ставящий под угрозу достижение поставленных целей и задач проекта по причине неопределенности [18].

На основе проведенного анализа научных подходов к трактовке риска можно сделать вывод, что сущность риска проявляется в сравнении первоначальных целей и задач с конечными ожидаемыми результатами ОКР, при этом мера несовпадения между ними и есть мерой риска. При совпадении планируемых результатов ОКР с фактическими риск отсутствует, то есть он равен 0.

Согласно большинству исследований теоретиков и практиков, риск зависит от отрасли и сферы деятельности. При этом риск не следует воспринимать как



Рис. 1. Классификация рисков предприятия ОПК в зависимости от стадии жизненного цикла

Источник: составлено автором на основе [1], [18]

опасность либо неблагоприятное событие. Он также может стать источником новых возможностей и получения выгод, а также новым выгодным направлением деятельности. Поэтому следует фокусироваться не на снижении риска, а на получении наилучшего результата по ОКР при приемлемом уровне риска.

Таким образом, риск неотделим от проектной деятельности, инноваций и новых технологий, создания новых объектов с улучшенными свойствами и других мероприятий с неопределенным результатом. Фактические результаты проекта в большинстве случаев отклоняются от плановых. Размер отклонения является случайной величиной и зависит от уровня риска.

Риск проявляется в наличии или отсутствии случайного события, которое создает ситуацию риска, вероятность которой заранее известна или может быть оценена. Риск оценивается как отклонение фактического исхода, результата или оценочного индикатора от прогнозируемых вследствие появления одного или нескольких рисков событий.

Риск сопутствует принимаемым решениям и существует объективно, независимо от управленческой деятельности. Он вызван в большинстве случаев внешними и внутренними факторами среды. При этом восприятие риска и уровня его влияния на конечный результат ОКР субъективны и зависят от специфики конкретной ОКР, а также от отношения к риску лиц, принимающих решение и осуществляющих его оценку и мониторинг.

Присутствующие в деятельности оборонных предприятий риски многообразны и специфичны для ОКР, но при этом индивидуальны для конкретного предприятия. А.Т. Шилкина, О.Е. Варакина выделяют внешние и внутренние риски предприятий ОКР. При этом ко внутренним рискам относятся производственные, финансовые, маркетинговые, кадровые риски. К внешним рискам авторы относят экономические, нормативно-правовые, экологические, конкурентные риски.

Основываясь на представленных в научной литературе классификациях рисков предприятий ОКР [1], на рис. 1 представим классификацию рисков предприятий ОКР в соответствии со стадиями жизненного цикла продукции с точки зрения их оценки и управления.

Как можно подытожить, приоритетными рисками в деятельности предприятий ОКР являются именно производственные и кадровые (управленческие) риски, которые проявляются на начальных стадиях жизненного цикла продукции, оказывая влияние на организацию процесса производства В и ВТ. Предлагаемая классификация позволит структурировать и систематизировать возникающие проблемы, разрабатывать методические рекомендации по оценке рисков оборонных предприятий, проводить их мониторинг, анализировать рискованные ситуации и обосновать выбор методов управления рисками с учетом источников их возникновения и стадий жизненного цикла продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилкина, А.Т. Особенности управления рисками на предприятиях оборонно-промышленного комплекса [Электронный ресурс] / А.Т. Шилкина, О.Е. Варакина // Региональная экономика: теория и практика. — 2018. — Т. 16, № 3. — С. 472–483. — Режим доступа: <https://doi.org/10.24891/re.16.3.472>
2. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Система менеджмента качества. Основные положения и словарь». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293759/4293759339.pdf>
3. Куркова, О.П. Организация и планирование научно-технических исследований и разработок: монография [Электронный ресурс] / О.П. Куркова. — СПб.: Научно-технические технологии, 2018. — 245 с. — Режим доступа: <http://publishing.intelgr.com/archive/research-organization.pdf>.
4. Дубров, А.М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособие / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 224 с.
5. Шилкина, А.Т. Управление рисками в системе менеджмента качества промышленного предприятия: региональный аспект [Электронный ресурс] / А.Т. Шилкина, А.Г. Савкин // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 7–4. — С. 857–862. — Режим доступа: <http://fundamental-research.ru/article/view?id=38836> (дата обращения: 12.09.2020).
6. Бернштейн, Л.А. Против богов. Укрощение риска / Л.А. Бернштейн; пер. с англ. — М.: Олимп-Бизнес, 2000. — 400 с.
7. Найт, Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль / Ф.Х. Найт; пер. с англ. — М.: Дело, 2003. — 360 с.
8. Бачкаи, Т. Хозяйственный риск и методы его измерения / Т. Бачкаи [и др.]; пер. с венгер. — М.: Экономика, 1979. — 184 с.
9. Буянов, В.П. Рискология (управление рисками) / В.П. Буянов, К.А. Кирсанов, Л.М. Михайлов. — М.: Экзамен, 2003. — 384 с.
10. Станиславчик, Е.Н. Риск-менеджмент на предприятии. Теория и практика / Е.Н. Станиславчик. — М.: Ось-89, 2002. — 80 с.
11. Чернова, Г.В. Управление рисками / Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев. — М.: Велби: Проспект, 2003. — 160 с.
12. Абчук, В.А. Риски в бизнесе, менеджменте и маркетинге / В.А. Абчук. — СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2006. — 480 с.
13. Ковалёв, В.В. Введение в финансовый менеджмент / В.В. Ковалёв. — М.: ФиС, 2004. — 768 с.
14. Риски в современном бизнесе / П. Г Грабовый [и др.]. — М.: АЛАНС, 1994. — 286 с.

15. Хохлов, Н.В. Управление риском / Н.В. Хохлов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 239 с.
16. Рогов, М.А. Риск-менеджмент / М.А. Рогов. — М.: ФиС, 2001. — 120 с.
17. Альгин, А.П. Риск и его роль в общественной жизни / А.П. Альгин. — М.: Мысль, 1989. — 187 с.
18. Колесов, К.И. Анализ рисков предприятий оборонно-промышленного комплекса при стратегическом планировании / К.И. Колесов, А.Ф. Плеханова, А.А. Иванов, Н.Д. Иванова // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 8(3). — С. 671–676. — Режим доступа: <https://fundamentalresearch.ru/article/view?id=34613>

© Кравцов Андрей Андреевич (a.kravcov@almaz-antey.ru), Крюков Алексей Анатольевич (alexeykryukov@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Концерн ВКО «Алмаз-Антей»

ОТКРЫТЫЕ ДАННЫЕ В РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

OPEN DATA IN THE RUSSIAN EDUCATION SYSTEM

**D. Kuzin
I. Danilenko**

Summary. The article discusses the concept of open data, their impact on the development of society and the government. The most famous Russian and international organizations, public and industry initiatives in the field of publishing open data, their presentation, standardization and monitoring are described. Six basic principles are formulated according to which data disclosure work should be published. A brief analysis of the current situation is given and the main problems in the field of publishing open data in the education system are described. Based on the results of the analysis, a proposal is formulated for the development of a universal semantic model of open data based on the Semantic Web technology, which has the properties of universality, distribution, extensibility and ensures the semantic connectivity of published open data within the entire industry. A list of tasks to be solved to build an effective system for publishing open data in the education sector is given.

Keywords: open data, semantic model, semantic web.

Кузин Дмитрий Александрович

К.т.н., доцент, Сургутский государственный университет, г. Сургут
kuzin_da@surgu.ru

Даниленко Иван Николаевич

К.т.н., доцент, Сургутский государственный университет, г. Сургут
vice1@surgu.ru

Аннотация. В статье рассматривается понятие открытых данных, их влияние на развитие общества и государства. Описываются наиболее известные российские и международные организации, общественные и отраслевые инициативы в области публикации открытых данных, их представления, стандартизации и мониторинга. Формулируются шесть основных принципов, в соответствии с которыми должна проводиться работа по раскрытию данных. Дается краткий анализ текущего состояния работ и описываются основные проблемы в области публикации открытых данных системы образования. По итогам анализа формулируется предложение по разработке универсальной семантической модели открытых данных, основывающейся на технологии Semantic Web, обладающей свойствами универсальности, распределенности, расширяемости и обеспечивающей семантическую связность публикуемых открытых данных в пределах всей отрасли. Приводится перечень задач, которые предстоит решить для построения эффективной системы публикации открытых данных сферы образования.

Ключевые слова: открытые данные, семантическая модель, семантический веб.

Обеспечение свободы доступа к информации является глобальным вызовом на пути построения развитого общества. Одним из направлений деятельности в данной области является раскрытие информации в формате т.н. «открытых данных» (open data). Под этим термином понимают информацию, которую кто угодно может свободно использовать и распространять [1]. Как правило, открытые данные представляют собой хорошо структурированную информацию в форме таблиц или наборов данных, возможно, связанных между собой.

Чаще всего понятие открытых данных связывают с обеспечением прозрачности и открытости деятельности государственных институтов, как необходимое условие функционирования демократических процедур. Необходимость раскрытия информации о деятельности государства осознается правительствами многих стран. В России действует федеральный закон, призванный обеспечить прозрачность действий органов власти и местного самоуправления [2]. Публи-

кация открытых данных государственными органами и подведомственными им организациями способствует подконтрольности государства обществу, развитию механизмов обратной связи, снижению уровня коррупции. Кроме того, открытые данные ведут к появлению разнообразных «вторичных» информационных сервисов, выполняющих аналитические функции, в том числе, и в интересах бизнеса. Создаются некоммерческие проекты, осуществляющие агрегацию и обработку открытых данных, и предоставляющие интерфейсные средства для работы с ними.

Существует больше количество общественных инициатив, изучающих методологические, технические, юридические и другие аспекты публикации открытых данных. Одной из наиболее известных международных инициатив является Open Knowledge Foundation [3]. Всемирный Банк развивает собственный проект в области открытых данных [4]. В России активно работает над продвижением культуры открытых данных АНО «Информационная культура» [5]. На федеральном

портале открытых данных опубликованы методические рекомендации по публикации открытых данных [6]. Существуют примеры публикации открытых данных отраслевого значения. Одним из примеров является международная инициатива прозрачности в добывающих отраслях [7], политика в отношении раскрытия данных которой изложена в [8].

Обобщая рекомендации указанных выше организаций и инициатив, можно сформулировать следующие общие принципы публикации открытых данных:

1. Открытость «по умолчанию». Раскрытию подлежат все данные, представляющие потенциальный интерес для общества, граждан, бизнеса, государства и способствующие экономическому и социальному развитию, при условии, что публикация этих данных не нарушает чьих-либо прав и не противоречит действующему законодательству, законодательству в области защиты персональных данных, а также если эти данные не относятся к информации ограниченного доступа.
2. Полнота и детализация. Следует предоставлять данные, по возможности, в «сыром» виде, без их статистической обработки или агрегации. Возможность обработки данных следует предоставить пользователю, чтобы не лишать его важных сведений.
3. Техническая открытость. Данные публикуются в открытом машиночитаемом формате. Наиболее простым вариантом является табличный формат (XLS, CSV), более технологичным — формат XML, JSON. Предпочтительным является онтологический формат (RDF, OWL), обеспечивающий интероперабельность и семантическую связность данных путем использования принципов, стандартов и спецификаций технологического стека Semantic Web.
4. Доступность. Публикуемые данные должны быть доступны в сети без процедур аутентификации, в том числе для поисковых машин. Сервер может предоставлять доступ к данным посредством выполнения запросов к API, но одновременно должны быть доступны полные наборы данных для скачивания. На сайте организации должен быть доступен каталог наборов данных с описанием структур наборов данных.
5. Актуальность. Открытые данные должны публиковаться с явным указанием момента или периода времени, на который они актуальны. Данные, обновляемые периодически, должны публиковаться регулярно и своевременно, по мере их обновления, с сохранением доступа к ранее опубликованным наборам данных.
6. Юридическая открытость. Поскольку законодательство запрещает использование объек-

тов интеллектуальной собственности без явного разрешения, открытые данные должны распространяться с открытой лицензией Creative Commons [9] или Open Data Commons [10].

Система образования в Российской Федерации состоит преимущественно из государственных образовательных учреждений, финансируемых из бюджета. Образовательные программы лицензируются и аккредитуются соответствующим государственным органом. Устанавливаются единые требования к абитуриентам вузов, ключевым из которых является сдача единого государственного экзамена. Также жестко регламентированы управленческие процедуры, отчетность и документирование деятельности образовательных учреждений. В таких условиях практически полного контроля ответственность за повышение прозрачности и доступности информации сферы образования несет государство. Среди прочих многочисленных регламентирующих документов необходимо выделить приказ Рособнадзора от 14 августа 2020 года N831 «Об утверждении Требований к структуре официального сайта образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети Интернет и формату представления информации». В данном документе приведен обширный перечень данных, которые должны публиковаться на сайте образовательной организации, например, сведения о реализуемых образовательных программах, численности обучающихся, педагогических работников, материальном обеспечении и многое другое. Оценивая данную инициативу Рособнадзора как безусловно позитивную, следует отметить, что практически все перечисленные в упомянутом приказе сведения вполне можно отнести к открытым данным. Однако, по причине отсутствия явного указания на это, образовательные учреждения при публикации этих сведений на сайте не придерживаются принципов работы с открытыми данными. В частности, информация размещается преимущественно в форматах, не являющихся машиночитаемыми, а там, где существует возможность скачать данные в табличном формате, отсутствует стандартизованное описание набора данных в соответствии с [6].

С другой стороны, Минобрнауки РФ, публикуя открытые данные на соответствующем портале <http://открытые-данные.минобрнауки.рф>, делает это согласно методическим рекомендациям [6], однако перечень имеющихся на портале наборов данных ограничен. Например, здесь можно найти список подведомственных Минобрнауки РФ образовательных организаций, однако более подробные сведения, например, о реализуемых ими образовательных программах, отсутствуют. Причиной этого, очевидно, является невозможность агрегировать на портале данные с более высокой сте-

пенью детализации по причине их большого объема и частого обновления. Последнее обстоятельство позволяет сделать важный вывод — открытые данные должны публиковаться непосредственно их источником, то есть образовательной организацией, а не вышестоящим госорганом.

Другой серьезной проблемой в области открытых данных системы образования является отсутствие какой-либо связности между публикуемыми наборами данных. Это означает, что каждый публикуемый набор данных представляет собой либо «плоскую» таблицу, либо структуру с ограниченным количеством уровней вложенности, элементы которой никак не связаны с другими наборами данных. Сопоставление элементов одного набора данных элементам другого возможно только «вручную» специалистом-экспертом предметной области. Это создает непреодолимые препятствия на пути построения эффективных сервисов обработки открытых данных и сдерживает процесс их публикации, негативно влияя на степень открытости системы образования.

О низком качестве управления данными в сфере образования говорится в Стратегии цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования [11]. Один из проектов Стратегии («Датахаб») призван систематизировать процесс управления данными в сфере образования и науки и сделать его более эффективным.

Как было отмечено выше, российская система образования управляется централизованно и пронизана общими регулирующими нормами, стандартами и отчетностью. В этих условиях вполне естественным была бы разработка единого регламента публикации открытых данных всеми образовательными учреждениями. Такой регламент, по мнению авторов, должен основываться на универсальной семантической модели открытых данных, разработка которой является важнейшей перспективной задачей в области работы с открытыми данными системы образования. Главной задачей, которую должна решать универсальная семантическая модель открытых данных системы образования является обеспечение семантической связности данных. Это качество модели может быть достигнуто при переходе к «знаниевой» модели открытых данных, в которой будут определены универсальные способы представления семантики, а сами открытые данные будут от этой семантики неотделимы. В основе такого подхода, называемого «онтологическим», лежит представление любой информации в виде семантического графа произвольной структуры, узлами которого являются концепты, а ребра — отношениями. Наиболее известным применением онтологического подхода является проект Semantic Web — семантический web

[12]. Это концепция развития web-среды по внедрению в информацию метаданных, которые позволят хранить и обрабатывать семантику документов. Кроме того, использование специальных инструментов для извлечения данных позволит осуществлять не контекстный, а «семантический поиск», то есть получать информацию с использованием логического вывода.

По мнению авторов, технологии Semantic Web должны стать основой для работы с открытыми данными. Отличительным качеством семантической модели открытых данных является ее расширяемость «снизу», то есть по инициативе конечных пользователей. Для этого субъекты, публикующие открытые данные, могут самостоятельно дополнять модель собственными элементами, определяя семантику их связей с существующими элементами без внесения изменений в «ядро» модели. Учитывая это, можно определить следующий перечень задач, которые предстоит решить для построения эффективной системы публикации открытых данных сферы образования:

1. Разработка универсальной семантической модели (онтологии) открытых данных сферы образования.
2. Размещение модели в виде спецификации и методических рекомендаций к ней в открытом доступе.
3. Создание информационных ресурсов, содержащих общедоступные классификаторы и справочники, интегрированные в модель на технологическом уровне.
4. Организация постоянно действующей площадки для обсуждения модели и обратной связи пользователей с экспертами — разработчиками модели.
5. Внедрение программных инструментальных средств для подготовки и публикации открытых данных в соответствии с разработанной моделью.
6. Разработка методики и процедур мониторинга и оценки субъектов, публикующих открытые данные с точки зрения их полноты и актуальности.

Выводы

В настоящее время в российской системе образования процесс публикации открытых данных представляется малоэффективным. К причинам этого относятся слабая вовлеченность в процесс образовательных учреждений, отсутствие отраслевых стандартов и методик по работе с открытыми данными, а также отсутствие семантической связности между теми наборами данных, которые все же публикуются. Существенным шагом к улучшению ситуации может стать разработка универсальной семантической модели открытых дан-

ных и ее реализация с использованием технологий Semantic Web. Разработка и внедрение модели в практику работы образовательных учреждений будет наи-

более эффективной, если будет поддержана государственными органами управления и контроля в сфере образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев М.О., Гришмановский П.В. Роль открытых данных // Вестник кибернетики, No. 3, 2017. pp. 26–30.
2. Федеральный закон от 9 февраля 2009 г. N8-ФЗ Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления // Открытые данные России. URL: <https://data.gov.ru/federalnyy-zakon-ob-obespechenii-dostupa-k-informacii-o-deyatelnosti-gosudarstvennyh-organov-i>
3. Open Knowledge Foundation. Руководство по открытым данным [Электронный ресурс] // Open Data Handbook: [сайт]. URL: <http://opendatahandbook.org/guide/ru/>
4. Open Government Data Toolkit [Электронный ресурс] // The World Bank Group: [сайт]. [2019]. URL: <https://opendatatoolkit.worldbank.org/en/>
5. АНО «Информационная культура». // Информационная культура: [сайт]. URL: <https://www.infoculture.ru/>
6. Минэкономразвития России. Методические рекомендации по публикации открытых данных версия 3.0 // Открытые данные России. URL: <https://data.gov.ru/metodicheskie-rekomendacii-po-publikacii-otkrytyh-dannyh-versiya-3-0>
7. Инициатива прозрачности в добывающих отраслях. Глобальный стандарт для эффективного управления нефтью, газом и минеральными ресурсами [Электронный ресурс] URL: <https://eiti.org/>
8. Инициатива прозрачности в добывающих отраслях. Международный секретариат. Политика в отношении открытых данных и раскрытие данных. Руководящая записка // Глобальный стандарт для эффективного управления нефтью, газом и минеральными ресурсами. URL: https://eiti.org/files/documents/guidance_note_19_on_open_data_clean_ru.pdf
9. Creative Commons Corporation. License Chooser [Электронный ресурс] // Creative Commons: [сайт]. URL: <https://creativecommons.org/choose/>
10. Open Knowledge Foundation. Conformant Licenses [Электронный ресурс] // Open Definition: [сайт]. URL: <https://opendefinition.org/licenses/>
11. Минобрнауки РФ. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования 2021. URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=36749&fbclid=IwAR3k4F7qUFLW0EFZdRjM8aDFrn73PpqrhemtNqBU883pHwsaHDhgoE9YkU
12. The World Wide Web Consortium (W3C). Semantic Web [Электронный ресурс] URL: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>

© Кузин Дмитрий Александрович (kuzin_da@surgu.ru), Даниленко Иван Николаевич (vice1@surgu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЙ МЕТОД НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

A NEW METHOD OF NEURAL NETWORK SYSTEM FOR MONITORING OF ASPHALT MIXTURES COMPACTION

A. Prokopen
Zh. Nabizhanov
R. Emelyanov
V. Ivanchura

Summary. The article considers the task of non-destructive compaction control technology automation of road materials by pavers in real time. A new method is proposed based on the prediction of the compaction coefficient of road materials by an artificial neural network, the input data of which is determined by analyzing the vibration and force state of the sealing working bodies of the compacting equipment. The inputs of the artificial neural network are the type of asphalt mixture (AM), the velocity of the paver, the force in the tamper pusher, the frequency of the tamper, the layer thickness. The theoretical prerequisites of the method of continuous compaction control by pavers are determined.

Keywords: non-destructive technologies, compaction control, artificial neural networks, cyber-physical systems, road construction.

Прокопьев Андрей Петрович

*К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
prok1@yandex.ru*

Набижанов Жасурбек Ильхомович

*Аспирант, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
jasur150691@yandex.ru*

Емельянов Рюрик Тимофеевич

*Д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
ert-44@yandex.ru*

Иванчура Владимир Иванович

*Д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
ivan43ura@yandex.ru*

Аннотация. Рассматривается задача автоматизации неразрушающей технологии контроля уплотнения дорожных материалов укладчиками в режиме реального времени. Предлагается новый метод, основанный на прогнозировании коэффициента уплотнения дорожных материалов искусственной нейронной сетью, входные данные которой определяются в результате анализа вибрационного и силового состояния уплотняющих рабочих органов уплотняющего оборудования. Входными данными искусственной нейронной сети являются тип асфальтобетонной смеси (АБС), скорость движения асфальтоукладчика, усилие в толкателе трамбуемого бруса, частота трамбуемого бруса, толщина слоя. Определены теоретические предпосылки метода непрерывного контроля уплотнения для асфальтоукладчиков.

Ключевые слова: неразрушающие технологии, контроль уплотнения, искусственные нейронные сети, киберфизические системы, дорожное строительство.

Введение

Развитие транспортной инфраструктуры во многом зависит от темпов модернизации дорожно-строительной отрасли, цифровизации, внедрения BIM технологий, кибер-физических систем (cyber-physical system, CPS). Киберфизические системы формируются на стыке интернета людей, вещей и сервисов, технологической основой которых является интернет вещей (Internet of Things, IoT) [1–4]. За время существования концепции CPS (с 2006 г., США) можно учитывать важный вывод: «новой единой теории систем до сих пор не создано, вместо этого появилось несколько новых прикладных областей, в каждой из кото-

рых происходит бурное развитие своих теорий: умные дома и умные города, умные производства и умные сети (smart grids), интернет вещей, интеллектуальные встроенные системы и т.д.» [5].

Примером появления прикладной CPS является научное направление «Киберфизические строительные системы» (профессор Волков А.А.) [6], получившее научное основание и развитие в отрасли промышленного и гражданского строительства. Примерами киберфизических систем в дорожно-строительной отрасли, проекты и выпускаемые заводами комплекты приборов для вибрационных катков, являются: нейросетевая система автоматического управления (проект) [7], си-

стемы непрерывного контроля уплотнения (Continuous Compaction Control, CCC), интеллектуального уплотнения (фирменные комплекты приборов: MOBA; Trimble; TOPCON; Volvo; Sakai; HAMM; CAT; BOMAG; Dynapac) [8, 9]. С учетом государственных планов развития транспортной инфраструктуры в РФ, реализации национальных проектов связанных с строительством автомобильных дорог, совершенствование технологических процессов объектов CPS — асфальтоукладчиков, вибрационных катков, является актуальным направлением науки и технологий [10–14].

Учитывая значительные отраслевые особенности дорожного строительства, научные достижения за период существования CPS, можно сделать прогноз о перспективности развития научного направления по теме «Киберфизические дорожно-строительные системы» (Cyber-physical road construction systems).

Обоснование метода контроля уплотнения для укладчиков

Из 100% дефектов и разрушений асфальтобетонных покрытий в мире 50% возникают по причинам недостаточного и неоднородного уплотнения АБС [15]. Уплотнение представляет собой процесс увеличения плотности дорожно-строительного материала за счет приложения внешних сил уплотнителем. Следовательно, за счет оптимального уплотнения АБС в первую очередь укладчиками и, во вторую — дорожными катками, можно уменьшить до 50% недостатков дорожных покрытий автомобильных дорог.

Одним из больших недостатков дорожного строительства, влияющим на качество, производительность и экономическую эффективность, является не соответствующий современным требованиям контроль качества уплотнения АБС. Известные методы и средства контроля [7–15] для вибрационных катков, базируются на расчете показателей уплотнения по результатам спектрального анализа (преобразование Фурье) информационных сигналов акселерометров, установленных на вибрационных вальцах катка. В работах [7–15] получены зависимости ускорения вибрационного вальца от числа проходов катка, от свойств асфальтобетонных смесей.

Исследования [13, 14], посвященные эффективности применения метода интеллектуального уплотнения (Intelligent Compaction, IC) и CCC на вибрационных катках, показали, что существующие показатели (CCV, CMV, RMV, Evib и др.) обладают значительной погрешностью, и не позволяют корректно судить об эффективности и качестве процесса укатки [14]. Очевидно, это обусловлено тем, что существующие показатели уплотне-

ния не учитывают переменные, оказывающие влияние на эффективность уплотнения. Таким образом, разработка метода автоматизированного неразрушающего непрерывного контроля качества уплотнения дорожных материалов укладчиками и вибрационными катками, является задачей, требующей научного и практического решения [15].

Уплотнение асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве выполняют комплекты машин, включающие укладчик, вибрационные катки легкого типа, среднего типа и катки тяжелого типа. Выбор типов и количества катков зависит от значения коэффициента уплотнения K_u после укладчика. С увеличением K_u после укладчика, например, до 0,96–0,98, можно убрать из технологического процесса легкие катки, оставив средние и тяжелые катки с уменьшением количества проходов (4–6 проходов). Следовательно, значительное повышение эффективности дорожного строительства можно получить, применяя неразрушающие технологии для контроля и управления укладчиками, целями которых является получение заданного коэффициента уплотнения АБС, уменьшение типов, количества дорожных катков и числа их проходов. Подтверждением высокой уплотняющей эффективности асфальтоукладчиков являются результаты экспериментальных исследований асфальтоукладчика с современным рабочим органом (трамбуемый брус, вибрационная плита, две прессующие планки) фирмы VÖGELE (ФРГ), в процессе которых получены значения стандартной плотности АБС типа А (ГОСТ 9128–2013) при скорости 3 м/мин [16].

Полученные в работах [16–21] научные результаты позволяют предложить концепцию (идею) нового метода автоматизированного непрерывного неразрушающего контроля уплотнения дорожных материалов укладчиками, базирующегося на обработке информационных сигналов датчиков преобразующих рабочие режимы (скорость передвижения, частота вращения эксцентрикового вала трамбуемого бруса, усилия в толкателе трамбуемого бруса (брусев), для прогнозирования значения коэффициента уплотнения с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС).

Цель работы состоит в разработке нового метода автоматизированного непрерывного неразрушающего контроля уплотнения дорожных материалов с привлечением алгоритмических и программно-технических средств построения имитационных моделей процессов, использованием методов искусственного интеллекта, позволяющих улучшить автоматизацию приборов контроля уплотнения, прогнозировать коэффициент уплотнения дорожных материалов, увеличить производительность дорожно-строительных работ, снизить стоимость строительства автомобильных дорог.

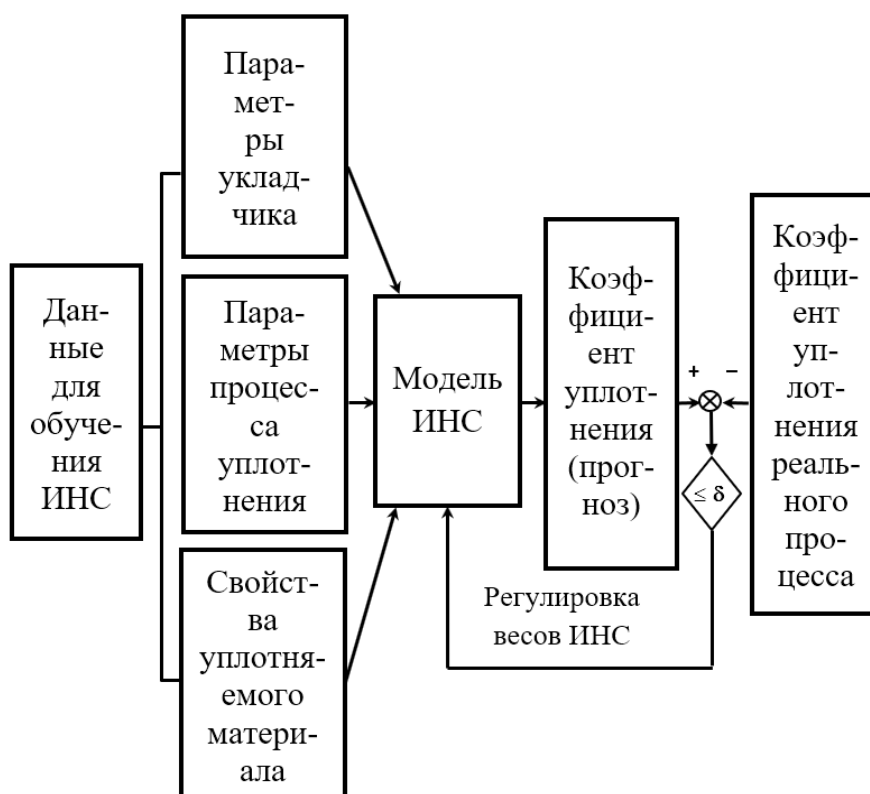


Рис. 1. Функциональная схема обучения модели искусственной нейронной сети

Метод базируется на методах искусственного интеллекта. Спрогнозированное системой контроля значение коэффициента уплотнения позволяет машинисту укладчика скорректировать режимные параметры, автоматически отправить радиосигнал работающим за укладчиком вибрационным каткам для настройки оптимальных режимов их работы. Использование на укладчиках системы непрерывного контроля уплотнения, с учетом применяемых современных САУ, управляющих заполнением шнековой камеры, нивелированием, глобальной навигацией, документированием результатов уплотнения и измерением температуры, значительно повышает уровень автоматизации и доводит машину до соответствия понятию «умный укладчик» (smart paver). В доступных открытых источниках информации отсутствуют аналогичные или подобные научные и технические решения.

Киберфизическая дорожно-строительная система включает машины — асфальтоукладчики, дорожные катки среднего и тяжелого типа, датчики и информационные системы машин, которые информационно взаимодействуют между собой используя стандартные интернет-протоколы для прогнозирования коэффициента уплотнения и адаптации к изменениям характеристик АБС и окружающей среды на всех этапах строительства дорожных покрытий автомобильных дорог.

Результаты и обсуждение

Предлагаемый метод реализуется функциональной структурой, включающей датчики, преобразующие скорость передвижения укладчика (тахогенератор), частоту вращения эксцентрикового вала трамбующего бруса (тахогенератор), усилия в толкателе трамбующего бруса (тензодатчики), толщины уплотняемого слоя (ультразвуковой бесконтактный), программируемый логический контроллер с внедренной обученной ИНС. Выходной информационный сигнал системы автоматического контроля (САК) уплотнения для укладчиков соответствует значению коэффициенту уплотнения АБС K_u .

Синтез ИНС состоит из трех этапов обработки — процесса обучения, тестирования и проверки. Предварительные исследования, анализ результатов и оценка потребной производительности вычислительных средств позволяют сделать вывод, что многослойная нейронная сеть дает лучший прирост эффективности обработки информации о коэффициенте уплотнения асфальтобетонной смеси. Такая сеть показала хорошие результаты по сравнению с такими сетями, как обобщенная регрессионная сеть, однослойный Перцептрон, сеть Эльмана, каскадная сеть с прямым распространением сигнала. Многослойная нейронная сеть состоит из нейронов, ко-

торые расположены на разных уровнях. В сети присутствует входной и выходной слой, а также минимум один скрытый слой. Первый слой отвечает за вектор входных данных сети — параметры машины, процесса и асфальтобетонной смеси. Второй слой — скрытый слой сети с десятью искусственными нейронами, предназначен для увеличения нелинейности и представления данных для обобщения функции. Третий слой — выходной слой сети, выполняет прогнозирование K_u АБС.

Данные, полученные в полевых условиях, были использованы для разработки модели многослойной нейронной сети. Процесс обучения ИНС показан на рис. 1.

Предполагается наличие базы обучающих примеров для сети. Каждый образец обучающей выборки, собранный по результатам лабораторных и полевых испытаний, подается на входной слой сети. Затем обрабатывается внутри структуры ИНС. Полученное в режиме реального времени значение K_u , сравнивается с соответствующими данными из подготовленных образцов. Далее рассчитывается ошибка обучения ИНС δ на основе метода средней квадратичной ошибки. При превышении заданного значения ошибки, выполняется изменение весовых коэффициентов связей между слоями ИНС. Изменение весовых коэффициентов происходит на основе алгоритма метода обратного распространения ошибки, который хорошо подходит к структуре сети. В каждой итерации весовые коэффициенты нейронов изменяются с использованием новых данных из обучающей выборки. Веса изменяются пока ошибка обучения сети не достигнет значения $\leq 1\%$.

Для проектирования ИНС требуются большие данные (англ. *big data*) входной информации. Особенности реальных условий дорожного строительства, где используются горячие асфальтобетонные смеси, создают значительные проблемы для получения необходимых информационных сигналов процесса уплотнения. На предварительном этапе исследовательского проекта обучающие выборки построены по результатам экспериментальных исследований асфальтоукладчика с рабочим органом, состоящим из двух трамбующих брусьев и выглаживающей плиты, в реальных условиях строительства автомобильной дороги «Николаев — Кировоград» [17, 18]. По эти данным сделаны выводы о наличии функциональной зависимости коэффициента уплотнения АБС от максимального усилия в толкателях трамбующего бруса. Возрастание сопротивления смеси уплотнению происходит постепенно и достигает максимальных значений после 4–5 силовых воздействий на смесь трамбующим брусом. Экспериментальные исследования проводились при скоростях движения ас-

фальтоукладчика 1,6, 3,2, 4,8 м/мин, частотах вращения эксцентрикового вала привода трамбующих брусьев изменялась от 1100 мин⁻¹ до 1700 мин⁻¹. Значения максимальных усилий в толкателях определялись по сигналам тензодатчиков наклеенных на металлоконструкцию толкателей трамбующих брусьев. Величина усилий в толкателях трамбующих брусьев в процессе уплотнения асфальтобетонной смеси типа Б (ГОСТ 9128–2013), при толщине слоя покрытия 0,05 м, изменялась от 10 кН (при коэффициенте уплотнения $K_u=0,92$) до 23 кН ($K_u=0,99$).

В рамках пилотного проектирования нейросетевой системы непрерывного контроля уплотнения дорожных материалов укладчиками в качестве исходных данных использованы результаты теоретических и экспериментальных исследований уплотняющих рабочих органов асфальтоукладчиков на стенде-укладчике, оборудованном тензометрической аппаратурой, при уплотнении аналога песчаной асфальтобетонной смеси типа «Д», проведенных в НПО «ВНИИСтройдормаш» [19, 20], а также результаты экспериментальных исследований асфальтоукладчиков (модели Титан-410С, Супер-1700, SSF-5), в реальных условиях эксплуатации, при укладке АБС типа А, Б, В, Г (ГОСТ 9128–2013), выполненных учеными СоюзДорНИИ [21]. По экспериментальным данным, опубликованным в работе [21], получены математические модели в форме регрессионных уравнений зависимости коэффициента уплотнения K_u от частоты f в Гц (от 3 до 27,5 Гц) трамбующего бруса для разных типов (А, Б, В, Г) асфальтобетонной смеси, при различных скоростях V_p (от 1 до 5 м/мин) передвижения укладчиков. Достоверность аппроксимации регрессионных уравнений R_2 по шкале Чеддока-Снедекора высокая (0,8–0,9) и сильная (0,91–0,99).

Подготовленные данные являются исходными наборами больших данных необходимых для обучения ИНС системы непрерывного контроля уплотнения дорожных материалов укладчиками.

Выводы

В работе предложена идея (концепция) автоматизации непрерывного неразрушающего контроля уплотнения асфальтобетонных смесей укладчиками на базе методов искусственного интеллекта как объекта киберфизической дорожно-строительной системы. Получена функциональная схема обучения модели искусственной нейронной сети. Обоснованы наборы больших данных для обучения искусственной нейронной сети САКУ для укладчиков. Обоснованность метода подтверждается необходимым объемом теоретических и экспериментальных исследований российских ученых на испытательных полигонах и реальных условиях эксплуатации асфальтоукладчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fradkov A. L. Cybernetical physics: from control of chaos to quantum control. (Berlin, Germany: Springer), 2007, XII, 236 p.
2. Fradkov A. L. Horizons of cybernetical physics. Phil. Trans. R. Soc. A 375, 2017, 20160223.
3. Anderl R., Eigner M., Sendler U. and Stark R. Smart Engineering — Interdisziplinäre Produktentstehung. Acatech Diskus. Springer, 2012, 58 p.
4. Serpanos D. and Wolf M. Internet-of-Things (IoT) Systems. Architectures, Algorithms, Methodologies. Springer Cham, 2018, 95 p.
5. Фрадков А. Л. Киберфизические системы: идеи и перспективы. XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2019) Институт проблем управления им. Трапезникова Москва; Россия, 2019.
6. Волков А. А. Кибернетика строительных систем. Киберфизические строительные системы. Промышленное и гражданское строительство. № 9. 2017. С. 4–7.
7. Pistol J., Villwock S., Völkel W., Kopf F. and Adam D. Continuous Compaction Control (CCC) with Oscillating Rollers. Procedia Engineering, 143, 20165, pp 14–21.
8. Hu W., Shu X., Huang B. and Woods M. Field investigation of intelligent compaction for hot mix asphalt resurfacing. Frontiers of Structural and Civil Engineering, 11(1), 2017, pp 47–55.
9. Barman M., Nazari M., Imran S. A., Commuri S., Zaman M., Beainy F. and Singh D. Quality Control of Subgrade Soil Using Intelligent Compaction. Innovative Infrastructure Solutions, 1(1), 2016, pp 23.
10. Liu D.H., Li Z. L. and Lian Z. H. Compaction quality assessment of earth-rock dam materials using roller integrated compaction monitoring technology. Autom. Constr., 44, 2014, pp 234–246.
11. Kenneally B., Musimbi O. M. and Wang J. Finite element analysis of vibratory roller response on layered soil systems. Comput. Geotech., 67, 2015, pp 73–82.
12. Li J., Zhang Z. and Xu H. Dynamic characteristics of the vibratory roller test-bed vibration isolation system: simulation and experiment. J. Terramechanics, 56, 2014, pp 139–156.
13. Xu Q. and Chang G. K. Adaptive quality control and acceptance of pavement material density for intelligent road construction. Automat. Constr., 62, 2016, pp 78–88.
14. Zhu X., Bai S., Xue G., Yang J., Cai Y., Hu W., Jia X. and Huang B. Assessment of compaction quality of multi-layer pavement structure based on intelligent compaction technology. Constr. Build. Mater., 161, 2018, pp 316–329.
15. Захаренко А.В., Пермяков В. Б., Молокова Л. В. Дорожные катки: теория, расчет, применение. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 328 с.
16. Кустарев Г.В., Павлов С. А., Ушков А. В. Высокоэффективные комплексы для скоростного строительства асфальтобетонных покрытий: монография. М.: МАДИ, 2019. 140 с.
17. Прокопьев А.П., Емельянов Р.Т. Автоматизация процесса уплотнения асфальтоукладчика. Изв. высш. учеб. завед. строительство. № 7 (547). 2004. С. 82–84.
18. Prokopen A.P., Nabizhanov Zh.I., Emelyanov R. T., Ivanchura V. I. Concept of a new method for continuous non-destructive control of asphalt road pavements compaction. Journal of Physics: Conference Series, 1515, 2020, 052054.
19. Кизряков А.Н., Кабанов В. В., Фруктов П. А. Исследование уплотняющих рабочих органов асфальтоукладчиков. Труды ВНИИСтройдормаш. Вып. 102. 1985. С. 3–7.
20. Кизряков А.Н., Кабанов В. В., Фруктов П. А. Определение параметров виброуплотняющих органов асфальтоукладчиков. Труды ВНИИСтройдормаш. Вып. 107. 1986. С. 63–68.
21. Марышев Б.С., Слепая Б. М., Питецкий Ю. Н., Скрыльник А. П., Островский Э. Б., Либерман М. А., Ксоврели П. И. Уплотнение асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками. Автомобильные дороги. № 11. 1979. С. 11–12.

© Прокопьев Андрей Петрович (prok1@yandex.ru), Набижанов Жасурбек Ильхомович (jasur150691@yandex.ru),
Емельянов Рюрик Тимофеевич (ert-44@yandex.ru), Иванчура Владимир Иванович (ivan43ura@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATING THE NECESSARY AMOUNT OF WOOD CUTTING TOOLS AT LOGS

**V. Romanov
B. Pruss
Ya. Prozorov
G. Moiseev**

Summary. The article describes the problem of determining the required number of tools at sawmills. The developed software based on the method of calculating the need for a tool of woodworking enterprises is considered. An example of work is given.

Keywords: information system, wood cutting tool, sawmill.

Романов Виктор Александрович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский
государственный инженерно-технологический
университет», г. Брянск
vromanov62@mail.ru

Прусс Борис Наумович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский
государственный инженерно-технологический
университет», г. Брянск
prussbor@gmail.com

Прозоров Ярослав Сергеевич

К.т.н., ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет», г. Брянск
uprozorov@gmail.com

Моисеев Григорий Дмитриевич

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский
государственный инженерно-технологический
университет», г. Брянск
gregory.d.moiseev@gmail.com

Аннотация. В статье описана задача определения необходимого количества инструмента на лесопильных предприятиях. Рассмотрено разработанное программное обеспечение, основанное на методике расчета потребности в инструменте деревообрабатывающих предприятий. Приведен пример его работы.

Ключевые слова: информационная система, дереворежущий инструмент, лесопильное предприятие.

Эффективность работы деревообрабатывающих предприятий во многом определяется качеством выпускаемой продукции, которая достигается благодаря правильной настройке и работе режущего инструмента [1]. Следует отметить, что режущий инструмент постоянно выходит из строя и изнашивается при обработке древесины, в зависимости от таких факторов, как виды обрабатываемого материала, загрузка станка, климатических условий его работы и других причин, а величина допустимого износа режущей части инструмента зависит от геометрических параметров инструмента, породы и температурно-влажностного состояния обрабатываемой древесины, режимов резания, требований к точности и чистоте поверхности обработки, технологических особенностей лесопильного производства (число упрягов в смене, наличие бассейна, организация окорки пиловочника и т.д.) [2].

Исходя из вышеперечисленного своевременный и точный расчет в потребности дереворежущего инструмента способствует повышению качества выпускаемой продукции, а его автоматизация является актуальной задачей [3].

Автоматизированный расчет в потребности дереворежущего инструмента не только позволит оптимизировать потребности в нем, но и снизит количество ошибок и брака, что приведет к снижению издержек и совершенствованию технологического процесса деревообрабатывающих предприятий, что является важным фактором, особенно если речь идет о промышленных масштабах. Разрабатываемая информационная система [4] расчета потребности деревообрабатывающего инструмента должна включать в себя следующие функции:



Рис. 1. Схема разрабатываемой информационной системы расчета дереворежущего инструмента

- ◆ ввод параметров и корректировка применяемого инструмента;
- ◆ ввод параметров дереворежущего оборудования;
- ◆ ввод видов древесных пород;
- ◆ изменение сезонности производства;
- ◆ ввод корректных исходных данных;
- ◆ защита от ошибок при вводе данных;
- ◆ защита от изменения условно постоянной информации;
- ◆ изменение величина допустимого стачивания за одну переточку;
- ◆ возможность корректировки максимальной величины стачивания инструмента;
- ◆ возможность записи в отчет результатов расчета для различных производств;
- ◆ составление отчетов в Excel.

Общая схема разрабатываемой информационной системы представлена на рис. 1.

Нами также был проведен подробный анализ деревообрабатывающих предприятий, специализирующихся

на производстве пиломатериалов и применяющих различные виды оборудования, в ходе которого установлено, что процесс расчета потребности в дереворежущем инструменте должен состоять из правильного ввода данных, соблюдения правил расчета, а затем должно осуществляться выполнение расчета в потребности дереворежущего инструмента, с учетом загрузки имеющегося оборудования, при этом при некорректном вводе данных расчет осуществляться не должен. Также важным требованием должна быть возможность добавления или удаления нового оборудования лесопильного производства. По окончании расчета должно происходить формирование отчета. Процесс расчета потребности в дереворежущем инструменте представлен на рис. 2.

Для реализации указанных выше функций в разрабатываемой информационной системе [5], нами были отобраны данные из справочной литературы [6], описывающие потребности в инструменте лесопильных предприятий.

На деревообрабатывающих предприятиях потребность P_{pi} шт., в режущем инструменте для выполнения

Таблица 1. Значения коэффициента случайной убыли инструмента

Оборудование	Коэффициент К
Лесопильная рама	1,50/1,30
Многопильный круглопильный станок	1,30/1,20
Обрезной станок	1,25
Торцовочный станок	1,35
Ребровый станок	1,10
Рубительная машина	1,30/1,10
Окорочный станок	1,20

Примечание. Значения коэффициентов К, приведенные в знаменателе, указаны при использовании в потоке металлоискателей

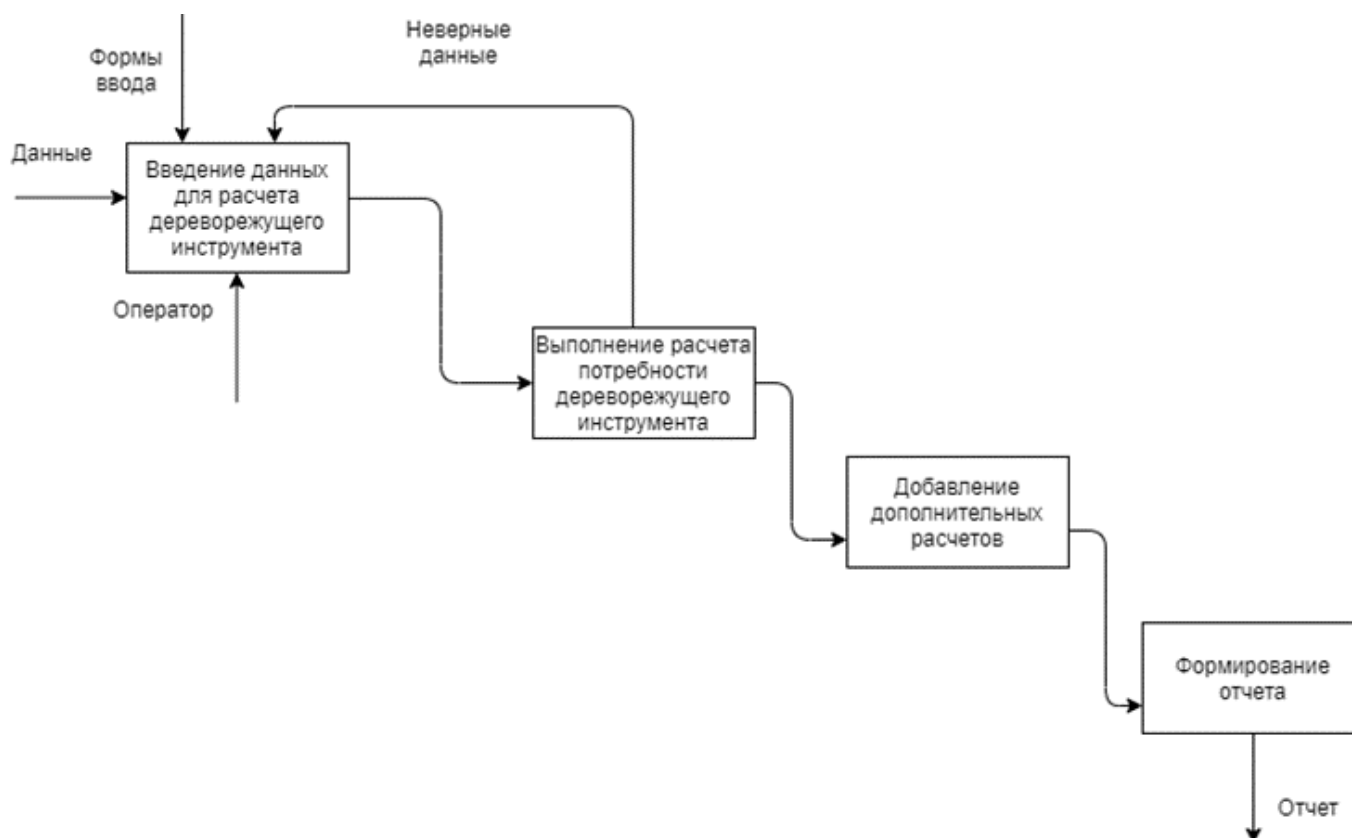


Рис. 2. Процесс расчета потребности дереворежущего инструмента

плана работ по переработке сырья, находят в соответствии с нормами расхода для каждого вида оборудования [7] по формуле

$$P_p = N \cdot W \cdot K, \quad (1)$$

где W — продолжительность работы применяемого оборудования при выполнении плана работ по переработке сырья, смен;

K — коэффициент, учитывающий случайную убыль инструмента. Значения коэффициента приведены в таблице 1;

N — средневзвешенные годовые нормы расхода инструмента, шт.

Величина стачивания за одну переточку зависит от характера и величины износа режущих граней инструмента, способа и режимов заточки, состояния заточного оборудования и квалификации заточников. Обобщение опыта работы лесопильно-деревообрабатывающих предприятий показало, что в настоящее время заточка инструмента производится примерно при одинаковых режимах независимо от величины нормального износа их режущих граней. Современные

серийно выпускаемые заточные станки не позволяют нормировать заточку в зависимости от величины износа режущих граней инструмента [8]. Отсутствуют средства объективного контроля степени его затупления в производственных условиях.

Расход рамных пил на плющение и формование с учетом последующей одной переточки, формирующей профиль зуба, зависит преимущественно от состояния плющильно-формовочного оборудования и квалификации работников [9].

В расчетах принята средняя величина расхода пил (по размеру, лимитирующему переточку) на плющение, формование и одну, последующую переточку при использовании серийно выпускаемого станка - модели ПХФ и ручных плющилок, формовок.

Расход короснимателей определяется для наиболее распространенной технологии восстановления режущей их части — наплавки сормайтот № 1. При этом учитывается расход короснимателя на подготовку под наплавку и восстановление наплавкой: среднее количество наплавки по данным производственных наблюдений составляет 5–8 [9].

Значения периода стойкости инструмента между двумя переточками приняты с учетом технологических особенностей лесопильного производства, действующих режимов резания и опыта работы деревообрабатывающих предприятий [8].

Нормы расхода инструмента рассчитываются для каждого типа оборудования. Различают индивидуальные и укрупненные нормы расхода. Первые используют на производстве, вторые-планирующие организации.

Средние значения величин износа инструмента определяются с учетом действующих рекомендаций по подготовке инструмента и режимов резания [7].

Средневзвешенные годовые нормы расхода инструмента N , шт./ станко-смену, определяются по формулам:

- ♦ для рамных пил с плющенными зубьями, эксплуатируемых на лесопильных-рамах 1-го и 2-го ряда

$$N = \frac{1}{T_c \cdot (B_n - B_k)} \cdot \left\{ \left(\frac{h_p + h_c \cdot (y-1)}{y} \right) \cdot (a \cdot z_1 + l \cdot z_2) + \left((h_{i1} \cdot t_l + h_{e1} \cdot t_z) \cdot a \cdot z_1 + (h_{i2} \cdot t_l + h_{e2} \cdot t_z) \cdot l \cdot z_2 \right) \right\}; \quad (2)$$

- ♦ для круглых пил с разведенными зубьями

$$N = \frac{2 \cdot z \cdot (h_{il} \cdot t_l + h_{iz} \cdot t_z + h_c)}{T_c \cdot (D_n - D_k)}; \quad (3)$$

- ♦ для ножей рубительных машин

$$N = \frac{z \cdot (h_{il} \cdot t_l + h_{iz} \cdot t_z + h_c)}{(T_l \cdot t_l + T_z \cdot t_z) \cdot (B_n - B_k)}; \quad (4)$$

- ♦ для короснимателей

$$N = \frac{z \cdot (h_{il} \cdot t_l + h_{iz} \cdot t_z + h_c)}{(T_l \cdot t_l + T_z \cdot t_z) \cdot \frac{(B_n - B_k) \cdot h_n}{h_p}}; \quad (5)$$

где h_u — изнашивание применяемых инструментов за определенный период стойкости, мм (соответственно индексы при h_u означают: з — распиловка зимой, л — распиловка летом, а I и II — первые и вторые ряды установки лесопильной рамы) h_c — стачивание применяемых инструментов за одну переточку, мм;

h_n — расход рамной пилы на плющение и формование с последующей одной переточкой или расход короснимателя при подготовке его под наплавку сормайтот № 1, мм, $h_n = 2$;

h_H — восстановление функциональных характеристик короснимателя наплавлением, мм, $h_H = 8$;

Y — количество интервалов стойкости рамной пилы между двумя плющениями, $Y = 5$;

B_H, B_K — данные начальной и конечной ширины инструмента, мм;

D_H, D_K — данные начального и конечного диаметра инструмента, мм;

z — количество круглых пил, короснимателей, ножей применяемых в одной единице оборудования, шт.;

z_1, z_2 — количество пил в рамах первого и второго рядов, шт.;

T — период стойкости инструмента между переточками в зимнее и летнее время (T_z, T_l);

T_c — период стойкости инструмента между переточками при $T_3 = T_l$;

t_z, t_l — удельные веса времени в зимний и летний периоды работы;

a, l — удельные веса времени работы лесопильных рам при распиловке бревен и брусьев.

Значения периодов стойкости T_3 / T_l в числителе относятся к трехупряжному, а в знаменателе — к двухупряжному режиму работы. При распиловке неокоренного пиловочника хвойных пород на лесопильных рамах 1-го ряда износ рамных пил h_m, h_{uz} необходимо увеличить на 12,5%. При переработке неокоренных отходов лесопиления на технологическую щепу норму расхода рубильных ножей необходимо увеличить на 20%.

Значения ширины рабочей зоны инструмента, числа пил в поставе(z), удельного веса времени в году с отрицательной и положительной температурой воздуха,

KodPar	NamePar	ZPar
1	Расход рамной пилы на плущение, мм	2
2	Расход короснимателя при подготовки под наплавку	2
3	Восстановление ширины короснимателя наплавкой	8
4	Число периодов стойкости рамной пилы между переточками	5

Рис. 3. Вид формы «Параметры»

The screenshot shows a software window titled 'Form1' with a main title 'Расчет эффективного фонда времени'. It contains several data tables and control panels.

KodGo	NameGo	Liz	Ziz	Stach	L3st	L2st	Z3st	Z2st	Ku	Kum
1	Лесопильная рама 1-го ряда	0,08	0,16	0,3	0,33	0,5	0,33	0,5	1,5	1,3
2	Лесопильная рама 2-го ряда	0,07	0,14	0,3	0,33	0,5	0,33	0,5	1,5	1,3
3	Многопильный круглопильный брусья	0,2	0,35	0,5	0,33	0,5	0,33	0,5	1,3	1,2
4	Обрезной станок	0,15	0,3	0,5	0,66	0,5	0,66	0,5	1,25	1,25
5	Торцовочный станок	0,15	0,3	0,5	0,66	0,5	0,66	0,5	1,35	1,35

KodD	KodGo	ModelD	KoLOb	ProcZag	KoLi	Rn	Rk	Bz	KodIn	InName	N	Q
3	3	T-94	3		1	630	500		2	Пилы круглые	,0232	145
9	3	Ц2Д-5А	3		1	400	300		2	Пилы круглые	,0302	145
11	3	HNS-2	3		1	400	300		2	Пилы круглые	,0302	145

Additional controls include: 'Режим работы головного оборудования' (Трехупряжный, Двухупряжный), 'Наличие окорки' (Неокоренный пиловочник, Окоренный пиловочник), 'Диаметр бревен, см' (10-16, 18-28, 30-40, 42 и более), 'Металлоискатель' (НЕ установлен, Установлен), and a 'Процент брусочки' (100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%) selector. Buttons for 'Расчет', 'Label1', and 'Печать' are also visible.

Рис. 4. Вид формы «Основной расчет»

процента брусочки и удельного веса времени работы лесопильных рам при распиловке берется из базы данных, заполненной на основании информации из справочной литературы [6].

Исходя из представленных выше формул (2,3,4,5), выполнение расчета норм расхода инструмента обусловлено большим количеством факторов. Для решения этой задачи необходим поиск в таблицах и работа с данными, что требует большого количества времени, особенно на крупных предприятиях.

Для автоматизации расчетов нами была разработана информационная система, позволяющая моделировать и осуществлять технологический расчет потребностей дереворежущего инструмента, интерфейс которой содержит следующие формы:

- ♦ расчет эффективного фонда времени лесопильного оборудования, установленного в цехе, в год;
- ♦ параметры инструмента, влияющие на его расход;
- ♦ виды дереворежущего инструмента;
- ♦ форма для основного расчета.

Рассмотрим некоторые из перечисленных форм.

На рис. 3 представлена форма «Параметры». На ней размещена таблица со списком параметров дереворежущего инструмента и их значениями, взятыми из справочной литературы [6]. Доступ к работе с данной формой возможен только после ввода кода доступа.

На рис. 4 представлена форма «Основной расчет». В верхней части формы расположены:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Таблица -Расчет норм расхода режущего инструмента и потребности в нем							
2	Оборудование	Количество	Инструмент	Количество	Число	Расход	Коэффиц	Расход
3		станков, шт.		инструмента, шт.	станко-смен	инструмента,	убыли	инструмента,
4						шт./станко-смену		шт.
5	РД-50	1	Пилы рамные	6	484	0,067392	1,5	49
6	РД-75	1	Пилы рамные	6	484	0,053204211	1,5	39
7	РД-110	1	Пилы рамные	6	484	0,06318	1,5	46
8	РД-50	2	Пилы рамные	11	968	0,107829333	1,5	157
9	РД-75	2	Пилы рамные	11	968	0,085128421	1,5	124
10	РД-110	2	Пилы рамные	11	968	0,10109	1,5	147
11	Т-94	3	Пилы круглые	1	1452	0,0232	1,3	44
12	Ц2Д-5А	3	Пилы круглые	1	1452	0,03016	1,3	57
13	ННС-2	3	Пилы круглые	1	1452	0,03016	1,3	57
14	ЦР-4	4	Пилы круглые	1	1936	0,02816	1,25	68
15	ЦПА-40	5	Пилы круглые	1	2420	0,018773333	1,35	61
16	РС-2	2	Пилы круглые	2	968	0,018383893	1,1	20
17	ЦР-4	1	Пилы круглые	2	484	0,015742529	1,1	8
18	Норман- 6б	8	Ножи рубительных машин	16	3872	0,194469766	1,3	979
19	МРН-25	1	Ножи рубительных машин	16	484	0,127591707	1,3	80
20	ОК-66М	1	Коросниматели	6	484	0,049947368	1,2	29

Рис. 5. Вид окна MS Excel с результатами расчета

- ◆ кнопки для вызова других форм;
- ◆ таблица с нормативными данными для каждой группы оборудования;
- ◆ группа переключателей, позволяющих выбрать процент брусочки при раскросе круглых лесоматериалов.

В центре формы размещена таблица, в которую пользователь должен ввести список деревообрабатывающего оборудования, установленного в лесопильном цехе. В данную таблицу вводится:

- ◆ модель станка, предварительно выбрав группу оборудования из верхней таблицы;
- ◆ количество однотипных станков, установленных в цехе;
- ◆ процент загрузки указанного оборудования в год;
- ◆ выбирается вид дереворежущего инструмента и вводится количество однотипного инструмента, установленного на данном оборудовании;
- ◆ указываются параметры инструмента, например, для круглых пил – диаметр новой пилы и минимальный возможный диаметр пилы после нескольких переточек.

В нижней части формы расположены:

- ◆ группы переключателей (для указания режима работы головного оборудования, наличия окорочного станка и металлоискателя перед раскросом пиловочника, среднего диаметра раскраиваемых бревен);
- ◆ таблица, позволяющая выбрать климатические параметры в зависимости от территориального места расположения лесопильного цеха;
- ◆ кнопка для выполнения расчета;
- ◆ кнопка для конвертирования результатов расчета в формат MS Excel (рис. 5) и последующего вывода на печатающее устройство.

Разработанная информационная система автоматизирует решение задачи подбора и потребности в дереворежущем инструменте для лесопильных предприятий, что в свою очередь совершенствует технологический процесс, позволяет внести в него изменения. Также данная информационная система сокращает время расчета и повышает его точность, что приводит к своевременной замене дереворежущего инструмента. Указанные факторы влияют на качество лесопильной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обеспечение работоспособности рабочих органов и инструментов машин и оборудования лесного комплекса / Заикин А.Н., Меркелов В., Памфилов Е.А., Пыриков П.Г. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 3. -С. 10–14.
2. Меркелов В.М. Технология деревообрабатывающих производств: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» специальности 250403 «Технология деревообработ-

- ки» / В.М. Меркелов, А.Н. Заикин. — Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Брянская гос. инженерно-технологическая акад., Брянск, 2010. — 256 с.
3. Суханов В.Г. Основы резания древесных материалов и конструкции дереворежущего инструмента: учеб. пособие / В.Г. Суханов, В.В. Кишенков. — М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. — 199 с.
 4. Проектирование информационных систем: учебно-методическое пособие / Сост. Шамсутдинов Т.Ф. Казань: КГАСУ, 2018. — 110 с.
 5. Иванов К.К. Проектирование информационных систем / К.К. Иванов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 19 (153). — С. 22–24. — URL: <https://moluch.ru/archive/153/43309/> (дата обращения: 16.07.2021).
 6. Глебов И.Т. Справочник по дереворежущему инструменту: справочник / И.Т. Глебов. — СПб.: Лань, 2020. — 224 с.
 7. Зотов Г.А. Дереворежущий инструмент. Конструкция и эксплуатация: учебное пособие / Г.А. Зотов. — СПб.: Лань, 2010. — 432 с.
 8. Янушкевич, А.А. Технология лесопильного производства: учебник для студентов вузов по спец. «Технология деревообрабатывающих производств», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Профессиональное обучение (деревообработка)» / А.А. Янушкевич; Белорусский государственный технологический университет. — Минск: БГТУ, 2010. — 328 с.
 9. Особенности исследования изнашивания режущих инструментов для переработки древесных материалов // Памфилов Е.А., Шевелева Е.В./Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 6 (360). С. 89–103.

© Романов Виктор Александрович (vromanov62@mail.ru), Прусс Борис Наумович (prussbor@gmail.com),
Прозоров Ярослав Сергеевич (uprozorov@gmail.com), Моисеев Григорий Дмитриевич (gregory.d.moiseev@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Брянск

PDM — КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

PDM — AS AN EFFECTIVE TECHNICAL APPROACH SERVICE

D. Semidotskiy

Summary. This article discusses the main advantages and disadvantages of predictive maintenance. A set of methods and procedures is proposed to improve the quality of maintenance, increase the reliability and productivity of equipment, and reduce the overall cost of maintenance.

Keywords: PdM; predictive maintenance; condition-based maintenance.

Семидоцкий Дмитрий Владимирович

Аспирант, Воронежский государственный
технический университет
dmitry.semidotsky@pirelli.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные преимущества и недостатки предиктивного технического обслуживания. Предложен набор методов и процедур для повышения качества технического обслуживания, повышения надежности и производительности оборудования, снижения общих затрат на техническое обслуживание.

Ключевые слова: PdM; предиктивное обслуживание; техническое обслуживание на основе состояния.

Предиктивное техническое обслуживание (PdM) — это техническое обслуживание, которое контролирует производительность и состояние оборудования во время его нормальной работы для снижения вероятности отказов. Также известно как техническое обслуживание на основе состояния, предиктивное обслуживание используется в промышленном мире с 1990-х годов. [1]

Целью предиктивного обслуживания является возможность сначала предсказать, когда может произойти отказ оборудования (на основе определенных факторов), а затем предотвратить отказ посредством регулярного планового и корректирующего обслуживания.

Предиктивное техническое обслуживание не может существовать без анализа состояния, который определяется как непрерывный мониторинг машин в технологических условиях для обеспечения оптимального использования оборудования. [2]

Существует три аспекта мониторинга состояния: онлайн, периодический и удаленный. Онлайн-мониторинг состояния определяется как непрерывный мониторинг машин или производственных процессов с данными, собранными о критических параметрах и показателях оборудования. Периодический мониторинг состояния, например, вибрационный анализ, (дает представление об изменении вибрационного поведения установок), который достигается с помощью анализа тенденций. Наконец, удаленный мониторинг состояния, как следует из его названия, позволяет контролировать оборудование из удаленного места, а данные передаются для анализа дистанционно.

Прежде чем создать программу предиктивного обслуживания, организация должна предпринять несколько шагов, которые включают в себя:

- ◆ Анализ потребностей и истории оборудования;
- ◆ Просмотр всех доступных записей о времени простоя, дефектах оборудования, потерях, потенциальных рисках и безопасности на рабочем месте;
- ◆ Определение стратегии и концепций, а также создание аргументов для PdM;
- ◆ Подбор оборудования для первоначальной реализации программы;
- ◆ Разработка деталей системы на основе отдельных систем и/или компонентов;
- ◆ Определение критичности программы и определение частоты PdM и типа расписания;
- ◆ Оценка предполагаемых ресурсов и распределение ролей и обязанностей персонала;
- ◆ Организация программы и интеграция ее в систему планирования;
- ◆ Модернизация оборудования и проведение обучения;
- ◆ Создание компьютеризированных систем управления техническим обслуживанием (CMMS); [3]

Хотя многие программы технического обслуживания используют оба типа, существует несколько различий между профилактическим обслуживанием и предиктивным обслуживанием. Профилактическое техническое обслуживание включало в себя проверку и выполнение технического обслуживания машин, независимо от того, нуждалось ли оборудование в техническом обслуживании. Это расписание обслуживания основано на триггере использования или времени. На-

пример, отопительный агрегат обслуживается каждый год перед зимой, или автомобиль требует планового технического обслуживания каждые 5000 миль.

Кроме того, профилактическое обслуживание не требует компонента мониторинга состояния, как это делает предиктивное обслуживание. Не требуя мониторинга состояния, программа профилактического обслуживания не предполагает столько капиталовложений в технологии и обучение. Наконец, многие программы профилактического обслуживания нуждаются в ручном сборе и анализе данных.

В то время как профилактическое обслуживание определяется с использованием среднего жизненного цикла актива, PdM определяется на основе заданных и заранее определенных условий конкретных единиц оборудования с использованием различных технологий. Предиктивное обслуживание также требует больших инвестиций в людей, обучение и оборудование, чем профилактическое обслуживание, но экономия времени и затрат будет больше в долгосрочной перспективе.

Преимущества и недостатки Pd M

Как уже упоминалось, преимущества предиктивного обслуживания огромны с точки зрения экономии средств и включают в себя минимизацию запланированных простоев, увеличение срока службы оборудования, оптимизацию производительности труда сотрудников и увеличение дохода. Еще одним преимуществом является его способность трансформировать как команду технического обслуживания, так и организацию, поскольку внедрение PdM позволяет управляющим активами улучшать результаты и лучше балансировать приоритеты, такие как прибыльность и надежность.[4]

Одним из основных недостатков предиктивного обслуживания является количество времени, необходимое для оценки и реализации графика Pd M. Поскольку предиктивное обслуживание является сложной инициативой, персонал завода должен быть обучен тому, как не только использовать оборудование, но и как интерпретировать аналитику (или данные).

В то время как многие организации предпочитают обучать существующих сотрудников PdM, существуют подрядчики по мониторингу состояния, которые специализируются на выполнении необходимых работ и анализе результатов для объекта. В дополнение к затратам на обучение, включает в себя инвестиции в инструменты и системы обслуживания. Эта стоимость со временем снизилась с внедрением облачных технологий.

PdM и проверка на наличие дефектов

В течение некоторого времени существовала значительная путаница в отношении соответствующего способа проверки на наличие данного режима отказа. Должен ли я выполнять какой-либо сенсорный осмотр? Должен ли я выполнять какой-то количественный контроль? Следует ли применять одну или несколько технологий мониторинга состояния? Должен ли я применять некоторую комбинацию этих методов, чтобы максимизировать условную вероятность обнаружения дефекта?

Как определить наличие ключевого дефекта таким образом, чтобы максимально увеличить количество времени, которое мой отдел планирования должен разработать рабочие процедуры, создать рабочие заказы, заказать детали, а также запланировать и завершить работу до того, как условная вероятность отказа станет слишком высокой? Объяснение типов инспекций и того, как они дополняют друг друга, имеет большое значение для выяснения того, какие из них являются наиболее подходящими.

Виды методов контроля дефектов

Визуальные осмотры уже давно считаются основой любой хорошей программы контроля и технического обслуживания. Считалось, что отправка кого-то достаточно часто для проверки на наличие проблем с оборудованием приведет к выявлению дефектов в течение длительного времени, чтобы смягчить незапланированные простои. Инспектор будет использовать зрение, звук и прикосновение, чтобы определить, изменилось ли что-либо со времени последней проверки. Любое изменение будет регистрироваться, сообщаться и расследоваться мастером при следующем запланированном отключении. [7]

Хотя есть огромная польза от отправки кого-то для проведения осмотра, в этой стратегии так много дыр, что ее никогда не следует считать основой программы инспекций. Визуальные осмотры обычно выявляют только самые очевидные и радикальные проблемы, практически не может выявить ранние внутренние дефекты в машинах.

Улучшенные сенсорные проверки

Улучшенные сенсорные проверки заполняют эту серую зону. Они представляют собой как визуальный осмотр, так и количественное измерение с характеристиками мониторинга состояния. Эти проверки используют такие инструменты, как точечные радиометры, стробоскопы, ручные вибрационные измерители

и простые ультразвуковые инструменты для обнаружения дефектов. Хотя эти инструменты умножают силу человеческих чувств, у них есть свой предел. Эти простые инструменты позволяют обнаруживать различные режимы отказа, но они не должны заменять комплексную программу мониторинга состояния.

Количественные инспекции

Количественные проверки могут предоставить полезную информацию, когда дело доходит до получения данных для определения тенденций и определения характерного срока службы режима отказа. Количественным проверкам нужен кто-то, чтобы что-то измерить. Очень распространенные количественные проверки включают измерение температуры узлов и механизмов механических и электрических. Эти измерения предоставляют данные планёру и инженеру и помогают определить необходимость дальнейших действий по техническому обслуживанию.

При правильной разработке процедура количественного контроля детализирует пределы и, как правило, ожидаемые измерения. Любая проверка, которая требует, чтобы кто-то что-то измерил, должна иметь минимальные, максимальные и типичные значения, с условными задачами, определенными при превышении пределов. Но количественная инспекция, выполняемая с надлежащей частотой проверок, редко будет иметь измерение, которое превышает пределы.

Профилактическое обслуживание как метод контроля дефектов

Мониторинг состояния, также известный как PdM, представляет себя применение технологий мониторинга на основе состояния, статистического управления технологическими процессами или производительности оборудования для раннего обнаружения и устранения дефектов оборудования, которые могут привести к незапланированным простоям или ненужным расходам.

И, вообще говоря, вы должны проводить это, пока оборудование находится в нормальной работе, практически без прерывания процесса. Назначение этих инструментов (виброанализ, инфракрасная термография, анализ масла и т.д.) заключается в поиске дефектов, не обнаруженных с помощью ранее доступных методов контроля, пока машина находится в нормальной работе.

Использование имеющейся технологии позволяет оценить состояние деталей и наличие дефектов, которые до сих пор невозможно обнаружить. Примером

преимущества этих инструментов в области количественных проверок или визуальных проверок является использование вибрационного анализа для определения наличия дефекта на подшипнике качения.

Существуют различные типы методов проверки дефектов, которые могут быть внедрены на машине, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Тем не менее, эти методы не являются точной заменой друг другу

Анализ режимов, последствий и критичности отказов может помочь вам определить, какие методы контроля следует применять, как часто и с какой степенью избыточности. Помните, что хитрость заключается в том, чтобы сбалансировать риск. То, какой риск вы готовы взять на себя с данным режимом отказа в сочетании с тем, сколько вы готовы заплатить за проверку, определяет соответствующую стратегию.

Технологии профилактического обслуживания

Как следует из названия, целью PdM обслуживания является прогнозирование необходимости технического обслуживания. Существует несколько устройств и методов мониторинга состояния, которые можно использовать для эффективного прогнозирования сбоев, а также для обеспечения расширенного предупреждения о техническом обслуживании на горизонте.

Инфракрасная термография

Известная как технология неразрушающего или не интрузивного контроля, инфракрасная (ИК) термография в PdM широко используется. С помощью ИК-камер персонал может обнаруживать высокие температуры (или горячие точки) в оборудовании. Изношенные компоненты, включая неисправные электрические цепи, обычно выделяют тепло, которое будет отображаться как горячая точка на тепловом изображении. [4]

Благодаря быстрому выявлению горячих точек инфракрасные проверки могут точно определить проблемы и помочь избежать дорогостоящего ремонта и простоев. Инфракрасная технология считается «одной из самых универсальных технологий профилактического обслуживания, доступных. Используется для изучения всего, от отдельных компонентов машин до систем установок, крыш и даже целых зданий». Более полное применение инфракрасной технологии включает обнаружение тепловых аномалий и проблем с технологическими системами, основанными на удержании и / или передаче тепла.[4]

Акустический мониторинг

С помощью акустических технологий персонал может обнаруживать утечки газа, жидкости или вакуума в оборудовании на звуковом или ультразвуковом уровне. Считаемая менее дорогой, чем ультразвуковая технология, звуковая технология полезна на механическом оборудовании, но ограничена в его использовании. Ультразвуковая технология имеет больше применений и более надежна в обнаружении механических проблем.

Это позволяет техническому специалисту «слышать трение и напряжение во вращающемся оборудовании, которое может предсказать ухудшение раньше, чем обычные методы», используя приборы для преобразования звуков в диапазоне от 20 до 100 кГц в «слуховые или визуальные сигналы, которые могут быть услышаны / видны технику. Эти высокие частоты являются точными частотами, генерируемыми изношенными и недостаточно смазанными подшипниками, неисправным электрооборудованием, протекающими клапанами и т.д.

Вибрационный анализ

Используемый в основном для высокоскоростного вращающегося оборудования, анализ вибрации позволяет техническому специалисту контролировать вибрации машины с помощью ручного анализатора или датчиков реального времени, встроенных в оборудование. Машина, работающая в пиковых условиях, демонстрирует особую вибрационную картину. Когда такие компоненты, как подшипники и валы, начинают изнашиваться и выходить из строя, машина начинает генерировать другую вибрационную картину. Благодаря упредительному мониторингу оборудования обу-

ченный техник может сравнить показания с известными режимами отказа, чтобы определить, где возникают проблемы.

Обеспечение обучения техников будет жизненно важным, так как может быть трудно предсказать отказ машины с помощью анализа вибрации. Многие организации предлагают углубленное обучение для подготовки людей к сертификации в качестве аналитиков вибрации. Единственным недостатком использования вибрационного анализа является стоимость, связанная с его реализацией с помощью программы Pd M.

Анализ масла

Анализ масла является эффективным инструментом в профилактическом обслуживании. Это позволяет техническому специалисту проверить состояние масла и определить, присутствуют ли другие частицы и загрязняющие вещества. Некоторые тесты анализа масла могут выявить вязкость, присутствие воды или изнашиваемых металлов, количество частиц и кислотное число.

Другие технологии

Наряду с этими методами, предприятия могут использовать другие технологии, такие как анализ состояния двигателя, который детализирует рабочее и текущее состояние двигателей. CMMS, интеграция данных и мониторинг состояния также могут помочь облегчить профилактическое обслуживание. [3]

При существовании различных технологий, которые помогут в реализации PdM, жизненно важно выбрать правильную, чтобы обеспечить успех.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18322–2016 // Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения, 2016
2. ООО «НИИ «Интерэкмс». ГОСТ Р 57329–2016 // Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Термины и определения, 2016 30с.
3. Семидоцкий Д.В. Компьютеризированная система управления техническим обслуживанием — ключевой элемент для технического обслуживания наивысшего уровня // Международная научная конференция теоретических и прикладных разработок «Научные разработки: евразийский регион», 2019 75–81с.
4. Семидоцкий Д.В. Термодиагностика как важный элемент обслуживания на основе технического состояния// Наука, техника и образование — Москва: Проблемы науки, 2020—75стр.
5. Семидоцкий Д.В. CMMS — инструмент современного и эффективного управления техническим обслуживанием// Наука и техника в XXI веке — Тольяти: Вестник науки, 2021
6. Patrick Munyensanga, Susilo A. Widyanto, Procedia CIRP, Volume 78, 2018, Pages 289–294.
7. Maintenance — Maintenance terminology; Trilingual version // EN13306:2018, 2018 62 с.

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ¹

Чернов Денис Владимирович

Соискатель, Тульский Государственный
Университет
cherncib@gmail.com

METHODS FOR ASSESSING INFORMATION SECURITY THREATS OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS²

D. Chernov

Summary. In the modern world, industrial process automation technologies have found wide application. Automated process control systems (APCs) have become an important part of enterprises operating in various sectors of the economy and life support around the world. However, the high growth rates of the number of automation tools acutely raise the problem of ensuring the information security of automated process control systems from external and internal threats. In this paper, the author analyzes the methodology for assessing information security threats of the FSTEC of Russia and the international TRIKE methodology. The analysis of the methods is aimed at identifying common approaches to determining the sources of threats, tactics and techniques for assessing threats to information security, as well as identifying differences between them, in order to apply a unified approach to modeling threats to information security of automated control systems.

Keywords: automated control systems, information security, threat, threat assessment, threat model.

Аннотация. В современном мире широкое применение нашли технологии автоматизации промышленных процессов. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) стали важной частью предприятий, функционирующих в различных сферах экономики и жизнеобеспечения по всему миру. Однако высокие темпы роста числа средств автоматизации остро поднимают проблему обеспечения информационной безопасности АСУ ТП от внешних и внутренних угроз. В настоящей работе автором проводится анализ методики оценки угроз безопасности информации ФСТЭК России и международной методики TRIKE. Анализ методик направлен на выявление общих подходов к определению источников угроз, тактик и техник оценки угроз безопасности информации, а также выявление отличий между ними, в целях применения унифицированного подхода к моделированию угроз информационной безопасности АСУ ТП.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, информационная безопасность, угроза, оценка угроз, модель угроз.

Введение

В процессе функционирования промышленных систем на средства автоматизации влияет множество внешних факторов и информационных воздействий, что может приводить к прогнозируемым и непрогнозируемым последствиям. Негативные информационные воздействия рассматриваются специалистами в области обеспечения информационной безопасности как потенциальные угрозы, которые могут быть реализованы нарушителями в отношении АСУ ТП. В целях снижения возможных убытков от деструктив-

ных действий нарушителей информационной безопасности необходимо проводить мероприятия по оценке угроз безопасности информации.

Угрозы безопасности информации

В нормативно-правовой базе, регулирующей вопросы информационной безопасности и научных работах профильных специалистов, изложено множество дефиниций термина УБИ. В Таблице 1 представлено сравнение определения «угроза безопасности информации (УБИ)» из различных источников.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Грант ИБ) в рамках научного проекта № 15/2020.

² The reported study was funded by Russian Ministry of Science (information security), project number 15/2020.

Таблица 1. Сравнение определений УБИ

Источник	Определение
ГОСТ Р 50922–96 Защита информации. Основные термины и определения[1]	Совокупность условий и факторов, создающих опасность нарушения информационной безопасности.
Методика оценки угроз безопасности информации. ФСТЭК России. От 05.02.2021 г. [2]	Совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации.
Хорев А.А. Угрозы безопасности информации [3]	Совокупность условий и факторов (явлений, действий или процессов), создающих потенциальную или реально существующую опасность, в результате которой возможны утечка информации, неправомерное модифицирование (искажение, подмена), уничтожение информации или неправомерное блокирование доступа к ней.
Доктрина информационной безопасности Российской Федерации [4]	Совокупность действий и факторов, создающих опасность нанесения ущерба национальным интересам в информационной сфере.
ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002–2012 [5]	Потенциальная причина нежелательного инцидента, результатом которого может быть нанесение ущерба системе или организации.
Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных [6]	Совокупность условий и факторов, создающих опасность несанкционированного, в том числе случайного, доступа к информации, результатом которого может стать уничтожение, изменение, блокирование, копирование, распространение информации, а также иных несанкционированных действий при их обработке в информационной системе.
TRIKE [7]	Корень дерева атак в более крупном графике атак.

Таблица 2. Сравнительная характеристика методик оценки УБИ

Критерии	Методика	TRIKE
	Методика ФСТЭК РФ	
Входные данные	Риски	Активы, операции, атаки, правила, угрозы
Механизмы управления	Нормативные акты, техническая и эксплуатационная документация, технологические процессы, договоры использования внешней инфраструктуры (аутсорсинг), банк данных УБИ, векторы атак	Нормативные акты, техническая и эксплуатационная документация, технологические процессы
Механизмы исполнения	Экспертная группа, программные средства	Экспертная группа, программные средства, аппаратные средства
Перечень угроз	Общий перечень УБИ, содержащийся в банке данных УБИ ФСТЭК РФ bdu.fstec.ru	Генерация угроз экспертной группой
Шаблоны (векторы) компьютерных атак	Базы данных: CAPEC, ATT&CK, OWASP, STIX, WASC и др.	Генерируемое аппаратными средствами Дерево атак
Оценка рисков	Результаты оценки рисков используются при оценке угроз	По результатам оценки угроз
Результаты оценки угроз	Отражаются в модели угроз	Отражаются в модели угроз
Наличие программной реализации	Отсутствует	Есть



Рис. 1. IDEF0-модель методики ФСТЭК РФ

Исходя из сведений, представленных в таблице, можно сделать вывод о сходстве большинства определений УБИ из рассмотренных источников.

Методики оценки УБИ

Существует множество международных и отечественных методик оценки совокупности условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации. В рамках проведения мероприятий по моделированию УБИ, наиболее часто применяются следующие методики:

Международные

- ◆ TRIKE;
- ◆ PASTA;
- ◆ STRIDE и др.

Отечественные

- ◆ Методика оценки угроз безопасности информации ФСТЭК России;

- ◆ Методика определения актуальных угроз персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных. ФСТЭК России.

АСУ ТП в соответствии с Федеральным законом № 187 от 26.07.2017 г. относятся к объектам критической информационной инфраструктуры (ОКИИ) Российской Федерации. В целях оценки угроз информационной безопасности ОКИИ, обязательным к исполнению является методический документ «Методика оценки угроз безопасности информации», утвержденный ФСТЭК России от 05.02.2021 г. Данная методика ориентирована на оценку антропогенных УБИ АСУ ТП, возникновение которых обусловлено действиями нарушителей.

Среди международных подходов к оценке УБИ стоит выделить методику TRIKE, которая широко используется при моделировании угроз для программного обеспечения АСУ ТП, однако данная методика может иметь применение и на аппаратном уровне промышленных систем.

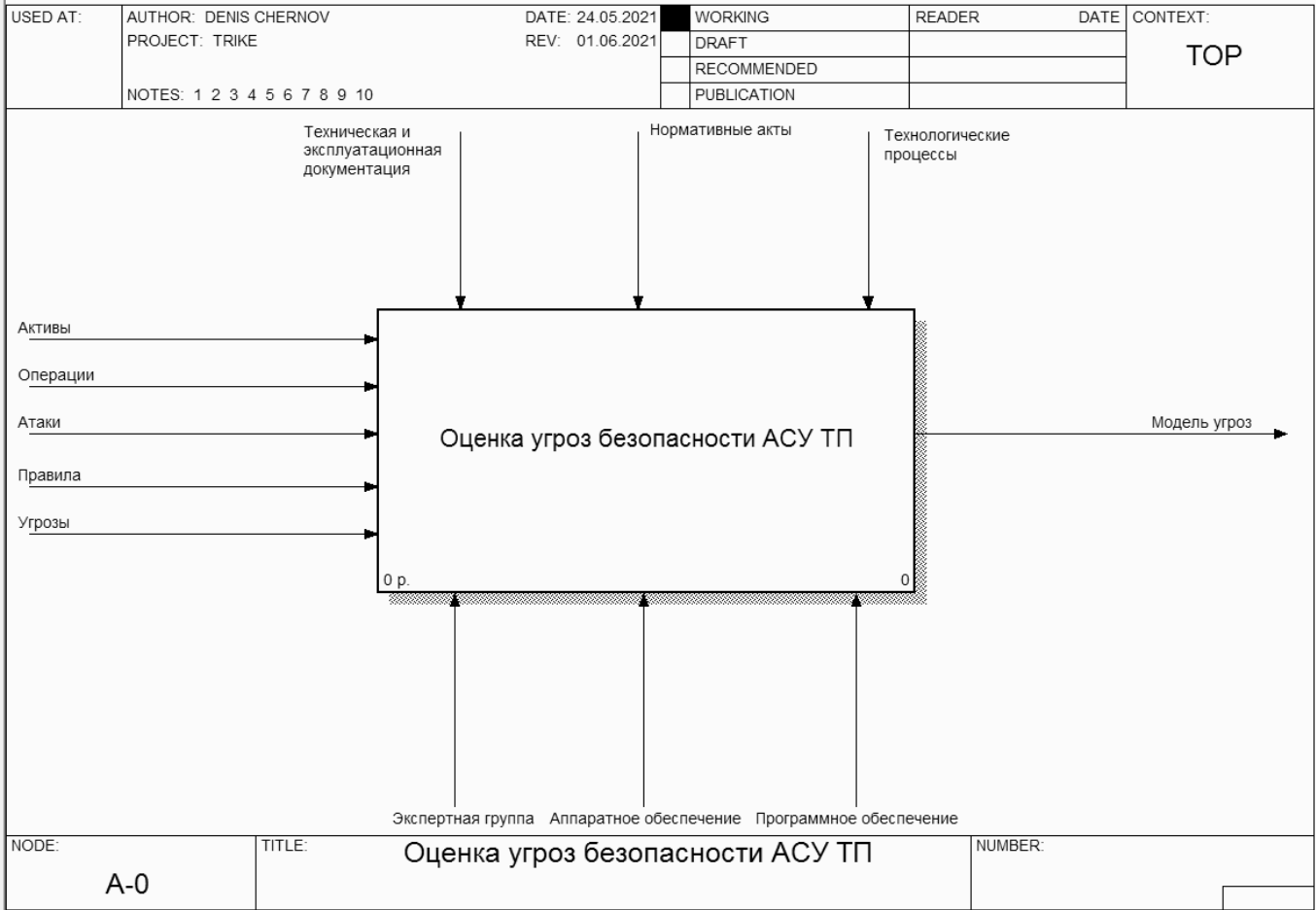


Рис. 2. IDEF0-модель методики TRIKE

В основе методики TRIKE лежит структура использования модели УБИ как инструмента управления рисками АСУ ТП, в то время как методика ФСТЭК РФ использует результаты оценки рисков (ущерба), проведенной обладателем информации или оператором АСУ ТП.

В таблице 2 представлена сравнительная характеристика двух рассматриваемых методик с указанием основных критериев оценки УБИ.

По результатам анализа характеристик методик, представленных в таблице, можно сделать вывод о различающихся подходах при формировании перечней угроз АСУ ТП.

Моделирование методик оценки УБИ

В целях визуализации различий рассматриваемых методик, проведено функциональное моделирование с применением методологии IDEF0 [8,9,10]. На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса оценки УБИ в соответствии с методикой ФСТЭК РФ.

На рис. 2 продемонстрирована функциональная модель процесса оценки УБИ в соответствии с методикой TRIKE.

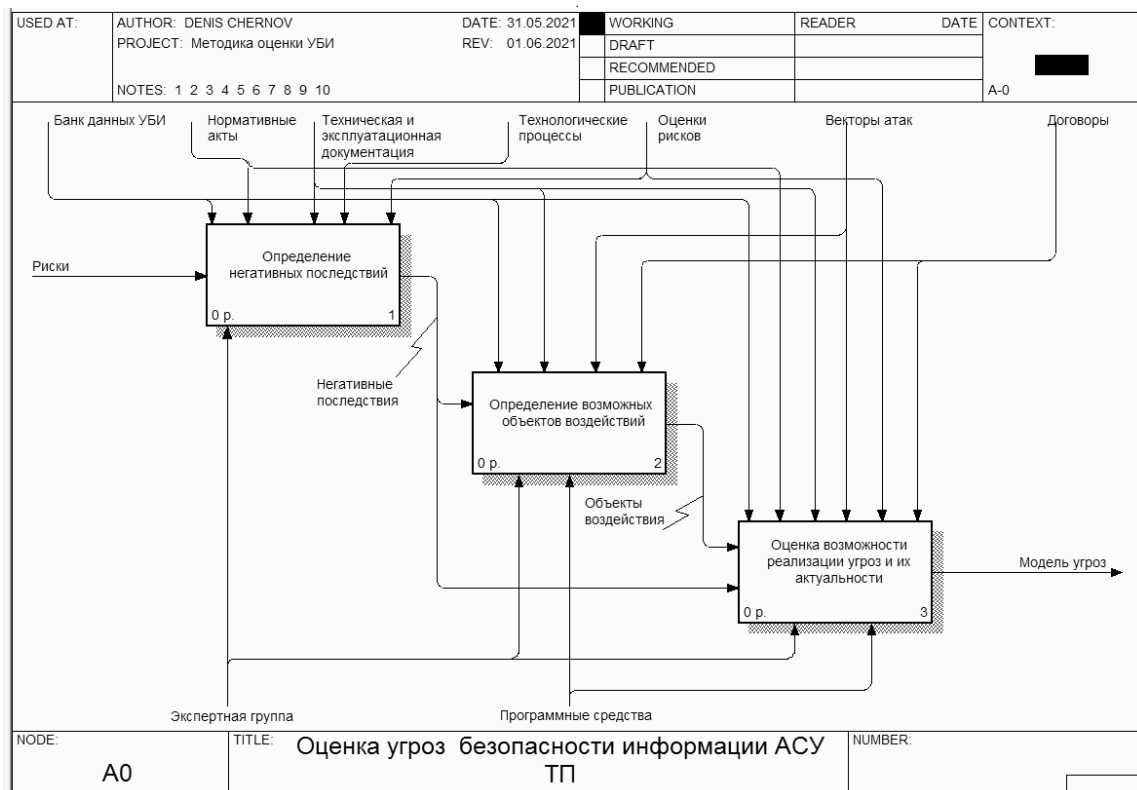
В соответствии с методикой ФСТЭК РФ, УБИ i возможна, если имеется нарушитель или иной источник угрозы $N(i)$, объект $O(i)$, на который осуществляются воздействия, способы реализации УБИ $R(i)$, а реализация угрозы может привести к негативным последствиям $P(i)$. Таким образом, УБИ характерные для АСУ ТП, будут определяться на основании (1).

$$U_i = [N(i); O(i); R(i); P(i)] \tag{1}$$

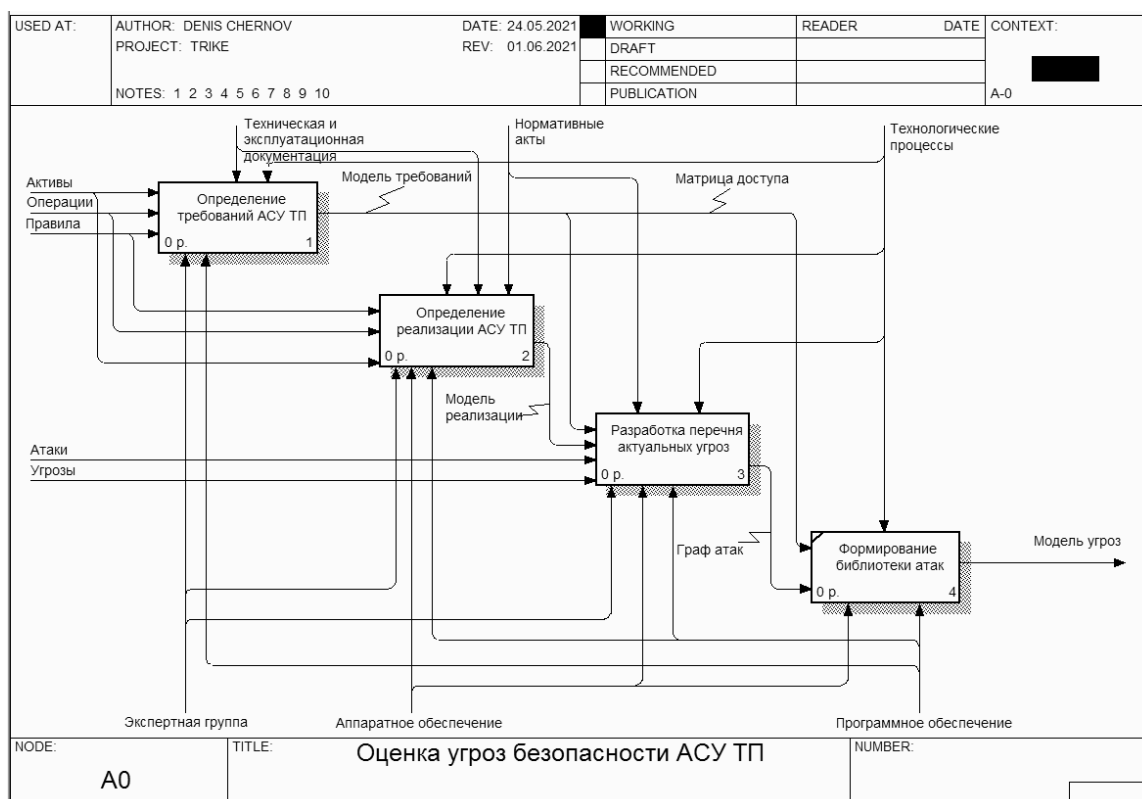
Актуальность возможных УБИ определяется наличием хотя бы одного сценария каждого способа реализации возможной УБИ в соответствии с (2).

$$U_i^s = F(i, s), \tag{2}$$

где $F(i, s) \in \{0,1\}$ — функция принадлежности для угроз, характеризующая актуальность i -й угрозы при наличии s сценариев её реализации.



а)



б)

Рис. 3. Декомпозиция функционального блока Оценка УБИ методики ФСТЭК РФ — а. Декомпозиция функционального блока Оценка УБИ методики TRIKE — б

В соответствии с результатами определения сценариев реализации угроз, функция принадлежности $F(i, k)$ принимает значения:

- 0 — неактуальная угроза, $s = 0$;
- 1 — актуальная угроза, $s \geq I$.

Сценарий определяется для каждого нарушителя и их уровней возможностей.

Перечень УБИ, в соответствии с положениями методики TRIKE, генерируется на основе полученной «модели требований» с использованием следующего алгоритма действий: для каждой предполагаемой операции создается одна угроза категории «отказ в обслуживании». На следующем этапе набор запланированных операций инвертируется в целях формирования набора запрещенных операций. При этом создается угроза категории «повышение привилегий» для каждого из набора запрещенных операций. Затем для каждой запланированной операции генерируются угрозы «повышения привилегий» полностью и частично запрещенных операций и затем к полученному набору угроз добавляется угроза «социальной ответственности» т.е. угроза того, что субъект использует эту систему для принятия мер против другой системы. Таким образом, методикой TRIKE охватываются большинство актуальных УБИ АСУ ТП, а полученную по описанному алгоритму модель угроз безопасности информации можно формализовать в соответствии с (3).

$$U_{di} = \sum_{d=1}^n \left(U_d(a) + \sum_{i=1}^3 U_{\bar{d}}(b_i) \right), \quad (3)$$

Где U_d — угрозы в отношении операций $d = \overline{1, n}$, $U_d(a)$ — функция, характеризующая угрозу категории «отказ в обслуживании» в отношении операций d , а функция $U_{\bar{d}}(b_i)$ описывает угрозы категории «повышение привилегий» $b_i, i = \overline{1, 3}$, для инвертированной операции d при следующих условиях: b_1 — угроза полностью запрещенного действия, b_2 — угроза частично запрещенного действия, b_3 — угроза «социальной ответственности».

На рисунке 3 представлена декомпозиция функциональных блоков «оценка угроз безопасности информации АСУ ТП», отражающая формализованное представление подходов к моделированию угроз ин-

формационной безопасности рассматриваемых методик оценки УБИ. Данная декомпозиция визуализирует основные отличия методик, в частности, наличие в методике TRIKE библиотеки атак.

Основное отличие рассматриваемых методик заключается в том, что методика TRIKE подразумевает автоматизированное построение графа атак на АСУ ТП по завершении формирования конечного перечня УБИ, формируя библиотеки атак на основе однотипных путей графа, а методика ФСТЭК РФ позволяет использовать типовые техники, используемые для построения сценариев реализации УБИ АСУ ТП.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что методика ФСТЭК РФ отражает процесс оценки УБИ, ориентируясь на оснащенность и потенциал нарушителя информационной безопасности, в то время как методика TRIKE опирается на состояние системы защиты информации системы, для которой проводится оценка УБИ и последующее моделирование угроз. Поэтому в рамках реализации унифицированного подхода к моделированию угроз информационной безопасности целесообразно применять отдельные техники, описанные в методике TRIKE, (в частности — генерация дерева атак) в рамках мероприятий по оценке УБИ в соответствии с положениями методики ФСТЭК РФ.

Заключение

В статье рассмотрены основные положения наиболее используемых методик оценки УБИ АСУ ТП в России и за рубежом. Мероприятия по оценке УБИ являются важной частью процесса моделирования угроз информационной безопасности промышленных систем. Поэтому существует задача, которая заключается в унификации подходов к оценке угроз УБИ АСУ ТП. В данной статье предлагается сравнение отечественной методики ФСТЭК РФ и международной методики TRIKE, направленной на определение общих характеристик построения перечня актуальных угроз информационной безопасности, а также различий в оценке УБИ. По результатам сравнительного анализа, автором даны предложения по расширению мероприятий по оценке УБИ АСУ ТП в рамках применения методики ФСТЭК РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 50922–2006 «Защита информации. Основные термины и определения» [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ: информ. правовой портал. URL: <http://base.garant.ru/182535> (дата обращения 03.05.2021).
2. Методический документ ФСТЭК России от 05.02.2021 г. «Методика оценки угроз безопасности информации» [Электронный ресурс] // URL: <https://fstec.ru/en/component/attachments/download/2919> (дата обращения 05.05.2021).
3. Хорев А.А. Угрозы безопасности информации / А.А. Хорев // Специальная техника. — 2010. № 1. — С. 50–63.

4. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Приказом Президента РФ от 05.12.2016 г. № 646) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ: информ. правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71456224/> (дата обращения 03.05.2021).
5. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО МЭК 27002–2012 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности» [Электронный ресурс] // URL: <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&id=176022> (дата обращения 05.05.2021).
6. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (Выписка), утверждена ФСТЭК России 15.02.2008 г. [Электронный ресурс] // URL: <https://fstec.ru/component/attachments/download/289> (дата обращения 05.05.2021).
7. Saita Paul. Trike v.1 Methodology Document [Draft] / P. Saita, B. Larcom, M. Eddington // [Электронный ресурс] URL: https://www.octotrike.org/papers/Trike_v1_Methodology_Document-draft.pdf (дата обращения 05.05.2021).
8. Шибанов С.В. Моделирование активных правил в нотации IDEFO / С.В. Шибанов, А.А. Скоробогатько // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2012. — Т. 1. — С. 436–438.
9. Ананьев И.В. Области эффективного применения нотации IDEFO для задач описания бизнес-процессов / Ананьев И.В., Серова Е.Г. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. — 2008. — № 1. — С. 161–172.
10. Зимовец О.А. Представление диаграмм в нотациях DFD, IDEFO и BPMN с помощью системно-объектных моделей «Узел-функция-объект» / Зимовец О.А., Маторин С.И. // Экономика. Информатика. — 2011. — Т. 114, № 19–1. — С. 133–144.

© Чернов Денис Владимирович (cherncib@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Тулский Государственный университет

ЗНАЧЕНИЕ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ НАСТОРОЖЕННОСТИ В ПРАКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ

THE IMPORTANCE OF ONCOLOGICAL VERIFICATION IN PRACTICAL MEDICINE

*Kh. Bisemaliev
A. Stupin*

Summary. The article examines the issues of oncological alertness, its necessity in the practice of a doctor, as well as the awareness of the population about the prevention of oncological diseases. The research materials are based on questionnaires of various age groups. Purpose: to assess the importance of cancer alertness in medicine. The result of the study: establishing the need for oncological alertness.

Keywords: malignant and benign tumors; oncological alertness; survey; pre-cancers; malignancy.

Введение

В настоящее время проблема высокой заболеваемости онкологией остается на высоком уровне. К сожалению, излечение злокачественных опухолей на последней стадии развития мало вероятно. Из этого следует необходимость в ранней диагностике предшественников онкологических заболеваний. Причины поздней обращаемости за специализированной медицинской помощью множество. Одна из них малая онкологическая просвещенность среди населения. Затягивание болезни связано с невнимательным отношением к своему здоровью, с неправильной оценкой своего состояния, попытками самостоятельного лечения. Со стороны же практикующего врача онкологическая настороженность означает знание симптомов онкологических заболеваний, полное обследование пациентов, своевременное направление их на инструментальные методы диагностики и передача лечения в руки специалиста узкого профиля.

В современном мире всё больше уделяется внимание профилактике особо опасных заболеваний, к которым в свою очередь относятся злокачественные опухоли. Для изучения осведомленности населения в области онкологических заболеваний, был составлен опрос и проведено анкетирование среди различных групп населения Астраханской области. Ниже изложены проанализированные результаты по различным группам острых вопросов. Все опрошенный едино-

Бисемалиева Хадиша Фархатовна
ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России
fbisemaliev@mail.ru
Ступин Андрей Олегович
ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России
euaristus@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы онкологической настороженности, ее необходимости в практике врача, а также осведомленности населения по поводу профилактики онкологических заболеваний. Материалы исследования опираются на анкетирование различных возрастных групп. Цель: оценка важности онкологической настороженности в медицине. Результат исследования: установление необходимости в онкологической настороженности.

Ключевые слова: злокачественные и доброкачественные опухоли; онкологическая настороженность, анкетирование, предрак, малигнизация.

гласно утверждали, что им известно, что такое рак, но на деле картина оказалась намного хуже. Опухоли — особый патологический процесс, который представлен новообразованной тканью, широко распространен в живой природе. Опухоли известны у всех типов живых существ в том числе и у растений. Для всех видов опухолей характерны автономный рост и размножение клеток в очаге заболевания, при этом вначале рост опухоли происходит из первоначального зачатка, без вовлечения в этот процесс окружающих здоровых клеток. Опухоль может оставаться доброкачественной или трансформироваться в злокачественную. Доброкачественная опухоль — это новообразование, клетки которого напоминают собой ткань, из которой оно происходит (эпителиальная, мышечная, соединительная ткань). Также, для этого вида опухоли, характерно частичное сохранение определённых функций ткани. Клинически такая опухоль проявляется в виде медленно растущего новообразования различных локализаций. В процессе роста опухоль постепенно отодвигает и сдавливает структуры и ткани, которые её окружают, но, при этом, никогда не прорастает в них.

Злокачественным опухолям в свою очередь принадлежит ряд специфических признаков. Признаками злокачественности в настоящее время признаются следующие.

1. Безудержный, не поддающийся контролю со стороны организма процесс роста и размножения клеток. Каждая клетка нормальной ткани обла-

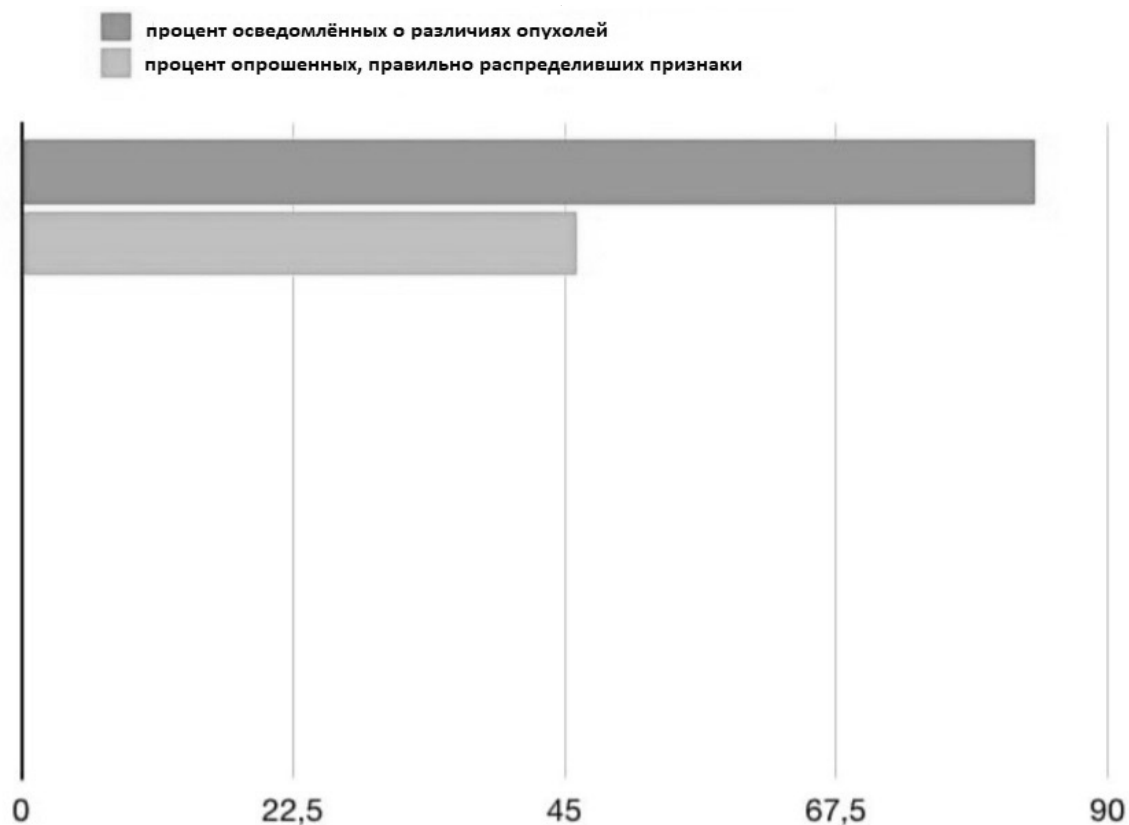


Рис. 1. Осведомленность населения о различиях доброкачественных и злокачественных опухолей

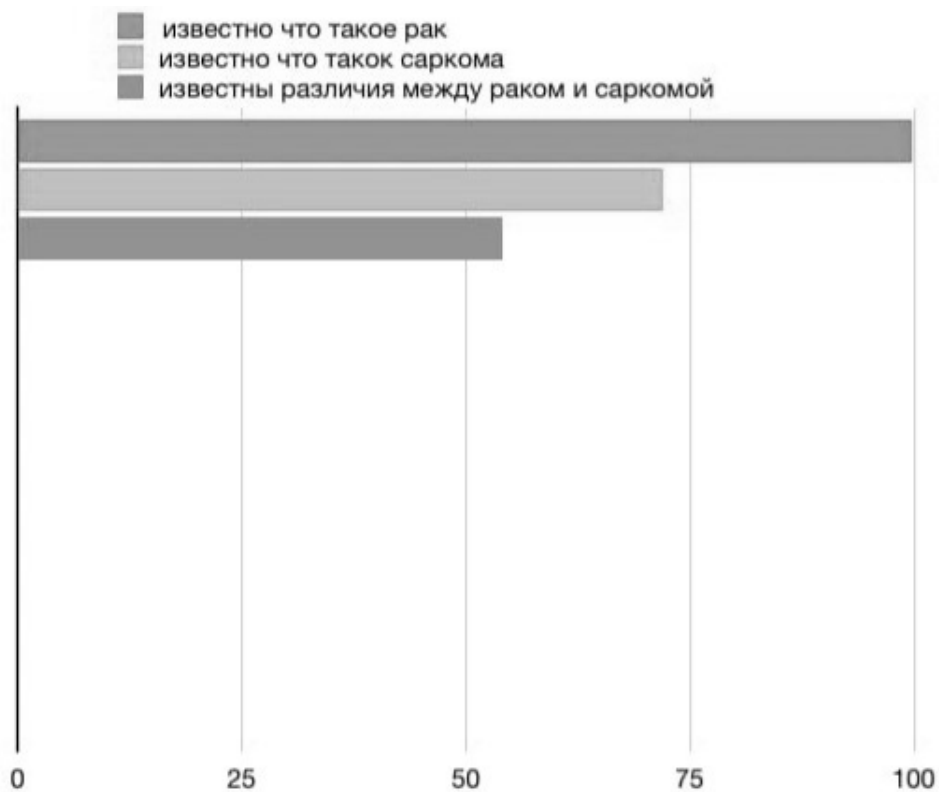


Рис. 2. Известность различий саркомы и рака

дает способностью к апоптозу. Апоптоз — регулируемый процесс программируемой клеточной гибели. В опухолевых клетках нарушены функции саморегуляции внутри клетки, что приводит к невозможности осуществления механизмов запрограммированной гибели клеток. Без воздействия извне опухолевая клетка не погибает, или гибнет только вместе с ее носителем.

2. Метастазирование — сложный процесс образования вторичных очагов опухолевого в результате необратимых изменений, позволяющим злокачественной опухоли преодолевать физические границы первичнопораженного органа или ткани, диссеминировать и колонизировать отдаленные органы. Некоторые клетки, отделившиеся от первичной опухолевой массы, переместившиеся с током лимфы или крови в другие регионы тела, дают начало росту.
3. Инвазивный, местнодеструктивный рост. Клетки опухоли врастают в окружающие здоровые ткани, разрушая их. Главным признаком злокачественной опухоли является ее выход за пределы территории, предназначенной для данной ткани. Если опухоль прорастает в здоровую ткань, происходит инвазия внедрение опухолевых клеток — первый признак злокачественной опухоли.

В анкету был включён вопрос, касающийся вышеизложенной информации. На рисунке 1 представлены результаты опроса.

На вопрос: «Известны ли вам отличия злокачественных опухолей от доброкачественных», ответ: «Да» — дали 84% опрошенных, что является положительной статистикой, но стоило углубиться в этом вопросе и картина становится строго противоположной. Был задан следующий вопрос, касающийся специфических признаков злокачественных и доброкачественных опухолей, в данной статистика указывает на обратные результаты среди 84% опрошенных верно распределить признаки смогли менее 50%. Для более точного анализа осведомленности населения, был задан вопрос, касающийся двух различных злокачественных Опухолей рака и саркомы. Рак — одна из разновидностей злокачественных опухолей, а именно злокачественная опухоль, исходящая из клеток эпителиальной ткани (слизистые оболочки, кожа, эпителий желез). Злокачественные опухоли, исходящие из клеток тканей, имеющих мезенхимальное происхождение (мышцы, хрящи, кости, жировая клетчатка и т.д.), называют саркомами. «Саркомы более часто развиваются у молодых людей. Рак встречается в 10–15 раз чаще, чем саркома, чаще заболевают лица пожилого возраста». [2, с. 4] На основе анкетирования и используемой выше информации по-

лучены следующие статистические данные представленные на рисунке 2.

100% опрошенных известно, что такое рак, но лишь 72% знают, что такое саркома, назвать отличия двух представленных злокачественных опухолей смогли лишь 54% опрошенных. Существует множество других злокачественных опухолей: меланомы, разнообразные опухоли кроветворной ткани, которые представляют не меньшую Опасность, чем рак и саркома. Злокачественные опухоли различаются по типу клеток, из которых они возникают. Виды злокачественных опухолей:

1. рак — из эпителиальных клеток (например, рак предстательной железы, лёгких, молочной железы, прямой кишки);
2. меланома — разновидность кожных злокачественных новообразований, развивающаяся из меланоцитов;
3. саркома — из соединительной ткани, костей и мышц (мезенхима);
4. лейкоз — злокачественное заболевание системы крови, для которого бластные клетки выступают в качестве субстрата опухоли;
5. лимфома — из лимфатической ткани;
6. тератома — эмбрионально-клеточная опухоль, развивающаяся из пластов эндо — экзо- и мезодермы;
7. глиома — из глиальных клеток;
8. хориокарцинома — чрезвычайно злокачественное новообразование, возникающее из элементов плодного яйца (трофобласта).

В анкете был вопрос, касающийся представленных выше разновидностей злокачественных опухолей, результаты которого изложены в рисунке 3.

Было выявлено, что о таких опухолях как тератома глиома, хориокарцинома известно менее чем 30% опрошенных.

Следующей группой в анкете были рассмотрены вопросы, касающиеся профилактики злокачественных опухолей. Профилактика в онкологии представляет собой систему мероприятий, направленных на предупреждение возникновения злокачественных опухолей и их прогрессирования. «Легче предупредить, чем лечить»- классическое изречение, которое слышал почти каждый из нас, огромный смысл вложен в эти слова, но в современных реалиях единицы следуют ему. Профилактика онкологических заболеваний делится на три этапа, по каждому из которых был задан вопрос. В понятие первичной профилактики рака входит: снижение контакта с канцерогенами, соблюдение правил личной гигиены, нормализация питания и образа жизни, повышение устойчивости организма к вредным

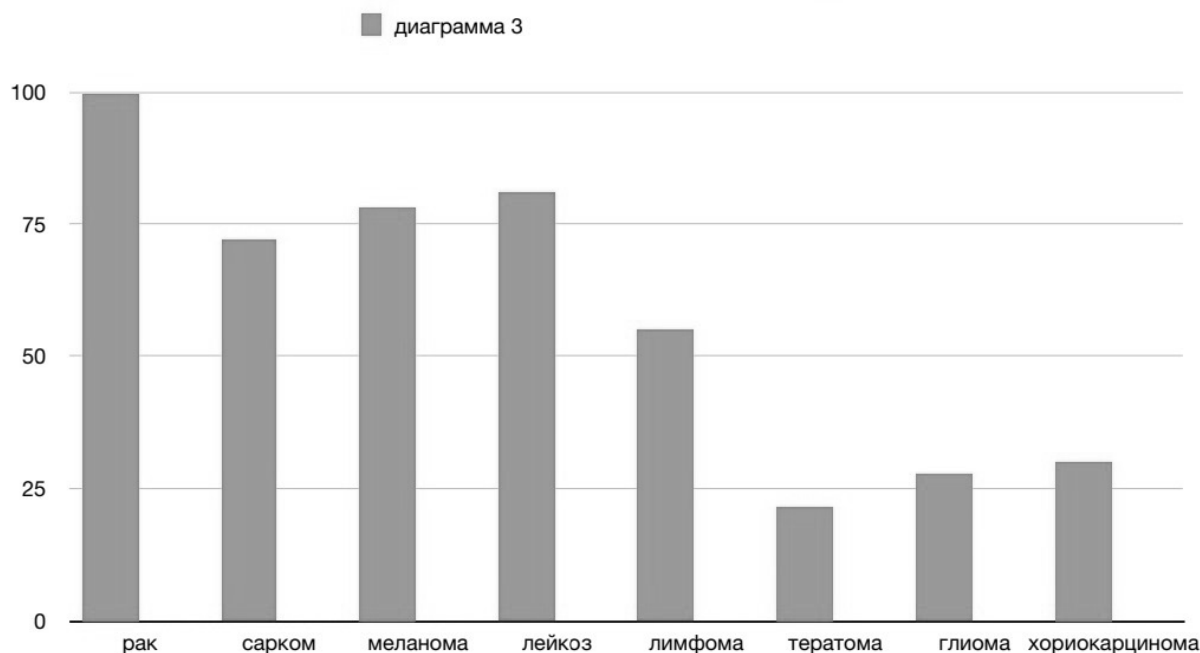


Рис. 3. Разновидности злокачественных опухолей

факторам. Использование средств индивидуальной защиты на вредных производствах. А также широкие оздоровительные мероприятия государственного масштаба в том числе: закрытие вредных производств. Планирование и строительство современных производства должны находиться под контролем, предусматривать переработку токсичных продуктов в безвредные, утилизацию отходов, строительство очистных сооружений, предохраняющих от заражения вредными продуктами окружающей среды. По результатам проведенного опроса 36,4% опрошенных, показали полную неосведомленность в данном вопросе.

Вторичная профилактика рака представляет собой систему мер при наличии уже развившихся избыточных клеточных разрастаний с атипией эпителия и сформировавшихся предраковых состояний. Среди респондентов 56,6% оказались не знакомы со вторичной профилактикой злокачественных новообразований.

Основным методом вторичной профилактики являются, разработанные многоцелевые скрининговые программы. Под скринингом понимают применение различных методов исследования, позволяющих диагностировать опухоль на ранней стадии, когда еще нет симптомов болезни. И несмотря на то, что целью скрининга и по существу его преимуществом является охват большого числа людей, по результатам опроса оказалось, что 52% опрошенных процедура скрининга и его особенности оказалась совершенно не знакомы.

«Третий этап профилактики рака заключается в предупреждении прогрессирования уже возникшей злокачественной опухоли и включает в себя этапы направленным на снижение патологических влияний на организм таких как: генерализация, рецидивы. Основные способы профилактики на данном этапе это — своевременного применения рациональных методов лечения, а также квалифицированного осмотра и специального обследования лиц, получивших полный курс первичного лечения и наблюдающихся без явных признаков рецидива и метастазов, находящихся на диспансерном наблюдении» [2, с. 10]. С процессом профилактики рака на 3м этапе были осведомлены лишь 28,3% опрошенных.

Онкологическая настороженность предусматривает в рамках вторичной профилактики наблюдения за предшественниками рака — предраками. Термин «предрак» впервые был предложен в 1896 году лондонским врачом М.В. Дюбрейлем. Этот термин учёный использовал в отношении кератоза кожи как предшественника рака кожи. Лишь спустя 70 лет термин официально закрепился Всемирной Организацией Здравоохранения в 1965 году. В своей сути предрак — это врождённые или приобретённые морфологические изменения тканей; предшественник рака. Стоит отметить, что нельзя путать предрак с фактором риска, т.к. первое уже является гистологическим субстратом, а второе только может привести к изменениям в тканях. Предраковые состояния делятся на облигатные и факультативные. Облигатные предраки — изменения

тканей, связанные с дисрегенераторными процессами. «Чем интенсивнее пролиферация, выходящая за рамки функционально детерминированных гиперпластических процессов, сопровождающихся патологическими изменениями клеточных структур, и чем больше выражены повреждения процессов деления, тем выше вероятность развития рака». [2, с. 12] Они являются проявлениями нарушения пролиферации и созревания клеток — дисплазии.

Облигатные предраки в большинстве случаев малигнизируются. В отличие от них, факультативные предраки редко становятся злокачественными. Они являются проявлениями хронических воспалительных заболеваний, сопровождающихся дистрофическими и атрофическими изменениями тканей. В процессе развития факультативного предрака лежат регенераторные и дисрегенераторные процессы. При этом в отношении предраковых состояний применимы понятия экспозиции и эскалации временем: чем дольше существует предрак, тем выше шанс его малигнизации. Это связано с накоплением в клетках свойств, определяющих их как злокачественные. Не стоит забывать тот факт, что не всегда опухоли находят свое проявление, но это так же не исключает их прогрессии. Об признаках или симптомах, которые относятся к раку известно 70. 8% из числа опрошенных. Больше ¼ неизвестно об них.

Необходимость полного обследования со своевременным использованием методов инструментальной диагностики остается так же на первом месте. Немалую роль играет формирование у людей более внимательного отношения к здоровью с отказом от самостоятельного лечения. Всё эти аспекты входят в понятие онкологическая настороженность. Но, к сожалению, не все понимают, что «онкологическое» как и всякое здоровье начинается прежде всего с индивидуального подхода человека.

Проявлением ответственного отношения к своему здоровью может служить посещение смотрового кабинета. Для женщин желательно посещать 1 раз в 2 года, для мужчин 1 раз в 3 года. Данные анкетирования показали, что этот минимум посещений выполняют ¾ опрошенных. Тем не менее чуть меньше четверти (24. 5%) совсем не посещали смотровой кабинет. Важность этого метода профилактики в том, что на осмотре появляется возможность выявить визуальные изменения органов, а также провести взятие мазков на цитологическое исследование. Возможность обнаружения гистологического изменения в анализе позволяет своевременно обнаружить клеточную атипию, клетки с выраженной гиперплазией. Важную роль в скрининге для выявления рака молочной железы играет маммография, кото-

рую женщины различных возрастных групп проходят с необходимой периодичностью, а после 50 ежегодно. Участники анкеты показали, что про данный метод им известно только на 11. 1%.

Курение сигарет и неправильное питание является самыми распространённым вредными привычками по данным анкетирования. В табачном доме находятся мощные канцерогенные вещества — продукты сгорания смол. Сам дым в целом является раздражителем для клеток дыхательных путей и лёгких. Так же и с неправильным питанием, которое может быть нерегулярным, богатым канцерогенными пищевыми добавками и трансжирами. Стоит отметить традиции некоторых народов Востока, связанные с употреблением горячего чая, который обжигает слизистую пищевода и приводят к образованию стриктур (на это указывают данные высокой заболеваемости данным заболеванием жителей Каспийского побережья, центрально-азиатских республик, Монголии и северо-западного Китая). Раздражая слизистую оболочку дыхательных путей и ЖКТ, они активируют систему защиты всего организма. Начинаются регенераторные процессы, которые могут в целом «поломаться» — появляется дисрегенераторные явления: гиперплазии и дисплазии. Гиперплазия может быть без атипии, когда происходит увеличение количества клеток с дальнейшей полной дифференцировкой. Но в случае появления атипии процесс может закончиться появлением злокачественных образований. Из опрошенных 71. 4% знают об вреде злоупотребления горячих блюд, копченостей и острых специй, как об предпосылке к развитию рака пищевода. Положительная динамика, но не стоит оставить незамеченным, что 28. 6% ответило, что не знали об этом факте. Цель онкологической настороженности в этом ключе будет профилактика вредных привычек т.к. прекращение действия канцерогенного фактора даже на последнем этапе малигнизации приводит к обратному развитию всех процессов злокачественной прогрессии.

Необходимо так же иметь особую настороженность в отношении доброкачественных образований. Риск их малигнизации мал, но не исключается. Из таких образований стоит обратить внимание на невусы (в простонародье родинки). Это пятна, узлы, состоящие их клеток меланоцитов. Необходимо чётко следить за размером, формой и цветом любого образования на коже. По данным анкетирования отмечают изменения в размере только 20. 8%, форме — 16. 7%, цвете — 14. 6%. Стоит отметить, что травмирование невуса крайне нежелательно, тем не менее никто не застрахован от случайного пореза во время бритья. Лишь 38. 3% опрошенных обращают внимание и избегают невусы при бритье. Онкологическая настороженность должна ставить своей целью информирования возможного риска изменения

данного образования после травмирования. Необходимо донести, что любое нарушение целостности приводит к делению клеток, которое может закончиться образованием нетипичных клеток — приведёт к малигнизации процесса. Нужно рекомендовать пациентам с большим риском травматизации операции по удалению невусов.

Заключение

Несмотря на то, что в современном мире проблема высокой заболеваемости онкологией остается на высоком уровне, осведомлённость людей в вопросах профилактики и диагностики оказывается очень низкой. По результатам анкетирования 100% опрошенных слышали о таком страшном заболевании как рак, но знания людей в этой области даже в век современных технологий остаются на низком уровне. Среди вышеназванных 100% лишь 30 слышали когда-либо о таких злокачественных опухолях как: глиома, тератома. Так же не лучшим образом обстоят дела и в области профилактики. Несмотря на то, что мы повсеместно слышим о профилактике ВИЧ и СПИД, мы забываем о не менее опасных и распространённых болезнях, лишь 64% респондентов были осведомлены о первичной Профилактике злокачественных опухолей, со вторичной профилактикой были знакомы 41,7% опрошенных, с третьим этапом лишь 28,3%. Не все понимают, что «онкологическое» как и всякое здоровье начинается прежде всего

с индивидуального подхода человека и если некомпетентность по узкопрофильным вопросам является повсеместной, то возможно картина в области не требующих особых знаний окажется другой? Проанализировав составленную анкету, мы можем ответить на этот вопрос и картина снова оказывается неутешительной: 24,5% совсем не посещали смотровой кабинет при норме для женщин 1 раз в 2 года, для мужчин 1 раз в 3 года. Между тем о такой важной процедуре диагностики как скрининг опрошенные осведомлены лишь на 11. 1%.

Положительная Статистика наблюдается в вопросе о вреде злоупотребления горячих блюд, копчёностей и острых специй, как об предпосылке к развитию рака пищевода, 71,4% опрошенных знали об этом факте, но в других областях результаты снова оказываются неутешительными. Лишь 38, 3% опрошенных обращают внимание и избегают невусы при бритье, отмечают изменения в размере только 20, 8%, форме — 16, 7%, цвете — 14, 6%. По итогам вышеизложенного мы приходим к выводу, что просвещённость населения остаётся на очень низком уровне. Решением данной проблемы является подготовка и внедрение программ просвещение населения в различные области деятельности.

Совершенно очевидно, что средства массовой информации играют огромную роль в просвещении и расширении возможностей людей избежать появления и прогрессирования заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбулаторно-поликлиническая онкология: руководство / Ш.Х. Ганцев, В.В. Старинский, И.Р. Рахматуллина, Л.Н. Кудряшова, Р.З. Султанов. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 448 с.
2. Онкология: учебник / Вельшер Л.З., Матякин Е.Г., Дудицкая Т.К., Поляков Б.И. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 512 с.
3. Петерсон Б.Е. Онкология. Москва: МЕДИЦИНА, 1980. 365 с
4. Петров Н.Н. Общее учение об опухолях (патология и клиника). Санкт-Петербург: Издательство журнала «Гигиена и санитария», 1910. 375 с.
5. Шабат, Л. М. О циркуляции канцерогенов в окружающей среде. Москва: Медицина, 1973. 368 с.

© Бисемалиева Хадиша Фархатовна (fbisemaliev@mail.ru), Ступин Андрей Олегович (euaristus@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ ОВАРИАЛЬНОГО РЕЗЕРВА У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА

ASSESSMENT OF THE REASONS OF DECREASING OVARIAL RESERVE IN REPRODUCTIVE AGE WOMEN

M. Budanova

Summary. Object: To conduct a systematic review of the literature on the problem of decreased ovarian reserve in women of reproductive age.

Methods: in order to perform a review of the scientific literature, a collection and analysis of publications in the PubMed text database, the journal of human reproductive sciences, as well as domestic literature on folliculogenesis and the assessment of ovarian reserve was carried out.

Findings: the main reasons for a decrease in ovarian reserve and the main risks of a decreased ovarian reserve, methods of its assessment are described.

Conclusions: research data have been analyzed, the main reasons for a decrease in ovarian reserve are highlighted, the diagnostic role of screening for ovarian reserve may have some prospects in giving an individual woman a better idea of her personal ovarian reserve status, and not just providing her with general advice on age fertility.

Keywords: anti-Müllerian hormone, pool of primordial follicles, in vitro fertilization, low ovarian reserve.

Буданова Мария Александровна

Врач-терапевт, Городская клиническая больница
им. М.П. Кончаловского, г. Москва
budan220997@gmail.com

Аннотация. Цель исследования (Object): провести систематический обзор литературных данных по проблеме снижения овариального резерва у женщин репродуктивного возраста.

Методы (Methods): с целью выполнения обзора научной литературы был осуществлён сбор и анализ публикаций в текстовой базе данных PubMed, журнала репродуктивных наук человека, а также отечественной литературе, посвящённой фолликулогенезу и оценке овариального резерва.

Результаты (Findings): описаны основные причины снижения овариального резерва и основные риски возникновения сниженного овариального резерва, методы его оценки.

Выводы (Conclusions): проанализированы данные исследований, выделены основные причины снижения овариального резерва, диагностическая роль скрининга овариального резерва может иметь некоторые перспективы в том, чтобы дать отдельной женщине лучшее представление о ее личном статусе овариального резерва, а не просто предоставить ей общие советы по возрастной фертильности.

Ключевые слова: антимюллеров гормон, пул примордиальных фолликулов, экстракорпоральное оплодотворение, низкий овариальный резерв.

Введение

До 1970-х годов преждевременное снижение овариального резерва (ОР) не было серьезной проблемой, поскольку большинство женщин, как правило, рано выходили замуж и заводили детей, причем преждевременное снижение ОР, вероятно, лишь незначительно ограничивало окончательный размер их семьи, а не вызывало бездетность.[5] Однако с появлением эффективной контрацепции, а также возможности получить высшее образование и построить карьеру [6], наблюдается значительное увеличение среднего возраста матерей в развитых странах мира [7]. Эта тенденция еще более заметна для женщин с высшим образованием: примерно одна из пяти в настоящее время откладывает свою первую бере-

менность до 35 лет [7]. Неудивительно, что это привело к удвоению заболеваемости бесплодием за последние два десятилетия.

Низкий овариальный резерв является важным ограничивающим фактором для успеха любого метода лечения бесплодия. Об этом свидетельствует снижение количества и качества ооцитов у женщин репродуктивной возрастной группы. Данное явление может находиться в тесной взаимосвязи с возрастом, что, по сути, и наблюдается в позднем репродуктивном периоде. Кроме того, это может встречаться у молодых женщин из-за различных этиологических факторов. В связи с этим оценка овариального резерва яичников, а также индивидуализация терапевтических стратегий очень важны для оптимизации успеха. Большинство женщин со сни-

женным овариальным резервом вынуждены прийти к процедуре экстракорпорального оплодотворения для достижения беременности. Тем не менее, частота наступления беременности остается низкой, несмотря на множество вмешательств. Раннее выявление и активное наблюдение женщин с низким овариальным резервом обязательны для минимизации необходимости использования донорских яйцеклеток.

Материалы и методы

Были проанализированы научные публикации включающие в себя систематические обзоры исследований, проспективные клинические когортные исследования, консенсусные документы и рекомендации ESHRE и ASRM, ретроспективные обсервационные исследования журнала *human reproduction* в период с 2016 по 2021. Использовалась текстовая база данных медицинских и биологических публикаций PubMed, медицинская библиотека NCBI, журналы *Academic Oxford*, *ESHRE* и *ASRM*, а также отечественные источники: женское бесплодие клинические рекомендации (современные подходы к диагностике и лечению), статьи журнала акушерства и женских болезней, журнала «Акушерство и гинекология».

Литературный обзор

Под овариальным резервом понимают функциональный резерв яичника, который определяет способность последнего к развитию здорового фолликула с полноценной яйцеклеткой и адекватному ответу на овариальную стимуляцию. Овариальный резерв отражает количество находящихся в яичниках фолликулов (примордиальный пул и растущие фолликулы) и зависит от физиологических и патофизиологических факторов. [3, с.40]

Понятие овариального резерва стоит отличать от фолликулярного запаса, который включает в себя число фолликулов и не отражает их функционального состояния. [2, с. 53] Согласно современным представлениям, выделяют тотальный овариальный резерв, который объединяет в себе фолликулярный запас (количество ооцитов в яичнике) и фолликулогенез (формирование и функционирование доминантного фолликула и желтого тела) [4].

Оценка овариального резерва является обязательной у всех женщин, обращающихся по поводу бесплодия, и определяется с помощью нижеперечисленных параметров:

- ◆ возраст женщины;
- ◆ количество антральных фолликулов при ультразвуковом исследовании;

- ◆ уровень антимюллерова гормона;
- ◆ уровень фолликулостимулирующего гормона и эстрадиола;
- ◆ ответ на стимуляцию гонадотропинами,
- ◆ оценка ооцитов и/или эмбрионов во время программы ЭКО либо ИКСИ, (основанная на числе, морфологии или генетической оценке ооцитов). [8]

Итак, разберём подробнее данные пункты.

1. Определение количества антральных фолликулов (КАФ) при трансвагинальном ультразвуковом исследовании (УЗИ) в раннюю фолликулярную фазу цикла.

КАФ представляет собой сумму антральных фолликулов в яичниках в 1-й фазе менструального цикла. Антральные фолликулы определяют, как фолликулы со средним диаметром 3–10 мм в наибольшей двумерной плоскости; низкий овариальный резерв соответствует диапазону от 3 до 5 антральных фолликулов и связан с плохим ответом на овариальную стимуляцию, и низкими шансами наступления беременности [8].

2. Определение гормонов в крови включает: — Определение базальной концентрации ФСГ, АМГ, пролактина (ПРЛ), ЛГ, эстрадиола (Е2), общего тестостерона (Т), тиреотропного гормона (ТТГ) и антител к тиреопероксидазе, которое проводится на 2–5-й день фолликулярной фазы цикла.

Концентрация АМГ в крови не зависит от уровня гонадотропинов и является относительно постоянной величиной как у фертильных женщин, так и у женщин с бесплодием, поэтому его можно определять в любой день цикла. Уровень АМГ <1,2 нг/мл ассоциирован с высокой вероятностью «бедного» ответа яичников на стимуляцию, низким качеством эмбрионов и низкими шансами наступления беременности в программах вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ). Уровень АМГ > 3,6 нг/мл связан с чрезмерным ответом яичников и риском развития синдрома гиперстимуляции яичников (СГЯ) в программах ВРТ.

Определение концентрации уровня фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в крови проводится на 2–5 дни менструального цикла. Уровень ФСГ > = 12 МЕ/л ассоциирован с плохим ответом на стимуляцию яичников и низкими шансами наступления беременности. [8] «Целесообразно одновременно исследовать уровень ФСГ и АМГ; у женщин до 38 лет при оценке гормональных параметров овариального резерва следует обращать внимание как на уровень АМГ, так и на уровень ФСГ, у пациенток старше 38 лет более значимым показателем является базальная концентрация ФСГ» [8].

Причины снижения овариального резерва

К основным патологическим факторам, приводящим к снижению овариального резерва, относятся с эндометриозом кисты яичников, воспалительные заболевания органов малого таза (в частности, хламидиоз, генитальный туберкулез [13]), оперативные вмешательства на яичниках, химиотерапия и радиационное облучение органов малого таза [14], избыточная масса тела [15], курение [16], дефицит витамина Д [21] и др. Далее подробнее разберём каждый из выше перечисленных факторов.

Эндометриоз кисты яичников

«Эндометриоз как причина бесплодия занимает второе место после воспалительных заболеваний матки и придатков. До 40% больных эндометриозными кистами яичников (ЭКЯ) сталкиваются с проблемами бесплодия. Несмотря на многочисленные исследования, точные механизмы, посредством которых эндометриоз влияет на фертильность, до конца не выяснены. В настоящее время бесплодие у пациенток с (ЭКЯ) наряду с другими значимыми причинами связывают с уменьшением овариального резерва яичников. Существует много механизмов, которые приводят к нарушению овариального резерва при ЭКЯ. Еще в 1957 г. P. Hughesdon и соавт. было описано, что в ткани коркового слоя яичника, располагающейся непосредственно возле ЭКЯ, имеются признаки метаплазии и дезорганизации. Барьер, отделяющий ткань яичника от кисты, состоит из фиброзной ткани. Недавние исследования показали, что эндометриозная жидкость содержит ряд токсичных веществ, таких как провоспалительные цитокины и активные формы кислорода. Данные вещества вызывают фиброз в окружающих кисту тканях яичника и снижение количества стромальных клеток в корковом слое яичника. Впоследствии фиброз совместно с активными формами кислорода приводит к снижению ангиогенеза, уменьшению плотности капилляров в тканях яичника. Снижение васкуляризации в корковом слое яичника при ЭКЯ может привести к ухудшению кровоснабжения фолликулов и их потере. В корковом слое яичников при эндометриозе происходит ускоренный рост фолликулов с последующим истощением и снижением их количества. Эта теория «выгорания» была предложена M. Dolmans и соавт. в 2007 г. Данная теория была подтверждена в исследованиях M. Kitajima и соав. Ими было выявлено значительное увеличение процентного содержания первичных фолликулов в корковом слое яичника с ЭКЯ по сравнению с интактным яичником. В данных исследованиях установлено, что в яичниках с эндометриозными кистами может быть активировано раннее развитие

фолликулов, увеличение количества атрезированных фолликулов, нарушение регуляции отбора фолликулов, снижение пула ранних фолликулов, в результате чего исчерпывается пул примордиальных фолликулов. Также группой исследователей высказано предположение, что воспаление и фиброз со сниженной васкуляризацией и повышением оксидативного стресса, которые наблюдаются в корковом слое яичников при эндометриозных кистах, приводят к нарушению фолликулогенеза. В работах Л.В. Адамян и соавт. было показано нарушение фолликулогенеза яичников женщин с эндометриозом, характеризующееся снижением общего числа фолликулов всех стадий развития. У больных ЭКЯ выявлено резкое снижение числа примордиальных фолликулов, растущих фолликулов. При этом степень уменьшения числа фолликулов в яичниках женщин с эндометриозом зависит от стадии распространения патологического процесса, возраста пациентки. В качестве возможных причин бесплодия при ЭКЯ рассматриваются дистрофические процессы в гранулезных клетках фолликулов, изменение состава фолликулярной жидкости, повышенный апоптотический индекс клеток гранулезы, дегенерация ооцитов. Эндометриозные клетки секретируют исключительно высокий уровень цитокинов и хемокинов. Цитокины, такие как интерлейкин (ИЛ)-1 β , ИЛ-6 и фактор некроза опухоли, и хемокины — ИЛ-8, моноцитарный хемоаттрактантный протеин (MCP)-1, могут вызвать активацию клеток гранулезы и преждевременное развитие фолликулов с последующим снижением их количества. Прямо или косвенно эти вещества могут приводить к активации в фолликулярных клетках каскада сигнальных молекул — циклический аденозинмонофосфат протеинкиназы (сAMP/PKA), тирозинкиназа/сигнал-преобразователя и активатора транскрипции (JAK/STAT), ядерного фактора карра В (NF- κ B), фосфатидилинозитол-3-киназы (PI3K) и внутриклеточного кальция, что приводит к преждевременной активации роста фолликулов. В эндометриозной ткани в большом количестве производится простагландин E2 (PGE2), который через аденозинмонофосфат протеинкиназы- α (сAMP/PKA) активирует путь митогенных протеинкиназ (MAPKs), протеин 38 (p38) в ряде типов клеток, включая клетки гранулезы и текаклетки в фолликулах. Можно предположить, что PGE2 и другие эйкозаноиды, образующиеся в воспалительной среде, окружающей эндометриозную кисту, могут влиять на скорость активации фолликулов и их атрезию. Большинство авторов отмечают более низкие результаты ВРТ у женщин с генитальным эндометриозом в сравнении с другими факторами бесплодия (трубно-перитонеальный, мужской и др.). При этом указывают на худшее качество ооцитов, снижение частоты их оплодотворения и последующего дробления эмбрионов, а также снижение частоты имплантации даже при «малых» формах наружного генитального

эндометриоза. M. Hull и соавт. отмечают, что у пациенток с эндометриозом яичников нарушаются процессы оплодотворения ооцитов и дробления полученных эмбрионов *in vitro*. По данным A. Pellicer и соавт., исследование эмбрионов на ранних стадиях развития показало относительно низкое число бластомеров у эмбрионов от пациенток с эндометриозом по сравнению с контролем, а также повышение индекса эмбрионов, оставшихся в развитии в условиях оплодотворения и доимплантационного развития *in vitro*. В литературе имеются данные о низкой способности к имплантации эмбрионов у женщин с эндометриоз-ассоциированным бесплодием. Предполагают, что причиной неудач при лечении бесплодия с использованием репродуктивных технологий являются неполноценные яйцеклетки, развитие которых происходило в субоптимальных условиях. В работах Л.В. Адамян и соавт. обнаружены не только количественные, но и «качественные» нарушения фолликулогенеза у пациенток с эндометриозом яичников. Так, при гистологическом исследовании фрагментов яичников с эндометриозидными кистами отмечено большое число фолликулов с различными признаками дегенерации (изменение формы и размытые границы фолликула, ооцита и его ядра, фолликулярных клеток; частично деконденсированный хроматин, локализованный по всему ядру; утолщение, расслоение, гиалиноз базальной мембраны фолликула; формирование межклеточных пространств; нечеткая граница между слоями ткани — теки внутренней и наружной; фолликулярная жидкость различной оптической плотности, неравномерно прокрашенная эозином; крупные вакуоли в ооплазме; дезорганизация клеток гранулезы; изменение ширины прозрачной оболочки). Молекулярно-биологические подходы позволили выявить генетические маркеры, указывающие на возможную предрасположенность к эндометриозу. Изучение полиморфизма генов детоксикации ксенобиотиков и метаболизма эстрогенов (цитохрома P450 и глутатионS-трансферазы) позволило обнаружить мутантные аллели этих генов (GSTM 1 0/0, GSTT 1 0/0) у больных эндометриозом в сочетании с медленной формой N-ацетилтрансферазы. При обнаружении у женщин мутации гена эритроцитарной эстеразы D*7 (ESD*7) или гена сывороточной эстеразы D*5 (ESD*5) можно предполагать повышенную предрасположенность к эндометриозу яичников в сочетании с эндометриозом брюшины (ESD*7) и к образованию эндометриозидных кист яичников (ESD*5). Таким образом, экспрессия генов, приводящих к развитию эндометриоза, может влиять на фолликулообразование на ранних стадиях формирования яичника. Дефект фолликулогенеза, имеющий место в эмбриональном периоде, в последующем может проявиться как в образовании исходно низкого числа фолликулов, так и в нарушении функции фолликулярных клеток. Данные исследования подтверждают теорию о том, что

ЭКЯ могут привести к повреждению яичников до хирургического вмешательства. При проведении оперативного лечения при ЭКЯ важным аспектом является изучение состояния овариального резерва до оперативного вмешательства. Это позволит оценить степень повреждения ткани яичников до операции, выработать индивидуальную тактику ведения женщин с ЭКЯ и восстановить репродуктивную функцию у данных пациенток.» [13]

Оперативные вмешательства

Выбор хирургических методов лечения эндометриомы (абляция или цистэктомия) может повлиять на послеоперационный овариальный резерв. Одно проспективное рандомизированное исследование показало, что абляция стенки кисты может быть более осуществимо, чем цистэктомия с точки зрения сохранения функции яичников. Другое проспективное рандомизированное исследование с использованием абляции CO₂-лазером при лапароскопии второго поколения после орошения и аспирации при первичной лапароскопии и послеоперационной терапии GnRHа в течение 3 мес (трехэтапная процедура) не показало значительного снижения уровня АМГ в послеоперационной сыворотке, в то время как одноэтапная цистэктомия показала значительное снижение уровней АМГ. Другое рандомизированное контролируемое исследование показало, что лапароскопическое удаление эндометриотической кисты яичника значительно снижает уровень АМГ в сыворотке крови и повышает базальные уровни ФСГ независимо от метода, используемого для получения гемостаза на ткани яичника. Недавно исследование, оцениваемое уровнем АМГ после односторонней абляции стенки кисты эндометриомы яичников с использованием энергии плазмы, показало немедленное снижение с последующим прогрессирующим повышением уровня АМГ через несколько месяцев после операции с хорошими исходами фертильности. Этот хирургический метод также показал значительно более высокий послеоперационный КАФ и объем яичников по сравнению с цистэктомией. Эти исследования показывают, что абляционные операции, а не цистэктомия, могут быть осуществимы у женщин, нуждающихся в сохранении овариального резерва для будущего зачатия.

Дефицит витамина D

Все более широко признается, что витамин D играет важную роль в репродукции женщин. Недавние исследования показали, что 1α, 25-дигидроксивитамин D₃ (VD₃), биологически активная форма витамина D, улучшает выживаемость и рост фолликулов яичников *in vitro* [25]. Для женщин репродуктивного возраста

уровни 25-гидроксивитамина D3 (кальцифедиола) в сыворотке крови 12,0–20,0 нг / мл и <12,0 нг / мл определяются как недостаточность и дефицит витамина D соответственно [24].

Во всем мире наблюдается эпидемия дефицита витамина D, которая побудила исследовать многие области здоровья и болезней человека. Впоследствии исследования связали дефицит и недостаточность витамина D со многими хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой и метаболической систем. Учитывая, что у этого стероидного гормона есть рецепторы по всему телу, включая яичник, в частности, клетки гранулезы, а также в эндометрии и плаценте, очевидно, что витамин D может влиять на репродуктивный успех человека и даже на акушерские исходы.

Существующие на сегодняшний день данные о репродуктивных результатах разнятся. Озкан и др. оценивали фолликулярную жидкость проспективным образом и коррелировали уровни витамина D с исходами беременности. [27] Однако они обнаружили отсутствие корреляции между концентрацией витамина D и параметрами реакции яичников, что позволяет предположить, что эндометрий и восприимчивость эндометрия могут быть ключевыми регуляторами, когда дело доходит до витамина D и репродуктивного успеха. Эта концепция эффекта восприимчивости эндометрия была подтверждена работой Rudick et al. в исследовании модели донорства ооцитов. [28]

Витамин D3 (холекальциферол) вырабатывается в коже или поступает с пищей. 25-гидроксилаза витамина D3, кодируемая полипептидом 1 подсемейства R цитохрома P450 семейства 2 (CYP2R1), превращает витамин D3 в 25-гидроксивитамин D3 (кальцифедиол). Под действием 25-гидроксивитамина D3–1 α -гидроксилазы, кодируемой полипептидом 1 подсемейства V цитохрома P450 27 (CYP27B1), 25-гидроксивитамин D3 превращается в 1 α , 25-дигидроксивитамин D3 (VD3; кальцитриол). Хотя почка является основным источником циркулирующего VD3, другие органы, включая яичник, также экспрессируют 1 α -гидроксилазу, которая может катализировать биосинтез. Следовательно, регуляция функции яичников витамином D может опосредоваться его эндокринным и паракринным действием. VD3 регулирует клеточную функцию через рецептор витамина D (VDR)[30]. VDR экспрессируется в различных органах, включая гипоталамус, гипофиз, яичник, яйцевод, матку и плаценту, которые могут изменять свою функцию посредством активации рецепторов к витамину D за счет циркулирующего или локально синтезированного Витамина D3. Таким образом, параметры яичников необходимо оценивать при наличии физиологических уровней VD3, особенно в непатологических условиях, чтобы

оценить прямое влияние VD3 на процессы, важные для развития фолликулов, ооцитов, которые подвергаются оплодотворению и последующему эмбриональному развитию.

Влияние витамина D на функцию яичников изучалось в основном в клиническом контексте его влияния на акушерские исходы, особенно у пациентов с нарушениями функции яичников, обращающихся за лечением бесплодия. [29] На сегодняшний день данные о взаимосвязи между концентрацией витамина D в фолликулярной жидкости и частотой наступления беременности противоречивы. Однако добавление витамина D оказывается полезным для женщин, страдающих ожирением и инсулинорезистентностью. Исследования пациентов с синдромом поликистозных яичников показали, что добавление витамина D улучшило рост фолликулов, формирование доминантных фолликулов и частоту наступления беременности, а также способствовало возобновлению и поддержанию менструального цикла [26]. Многоцентровое исследование показало, что дефицит витамина D у женщин позднего репродуктивного возраста (> 40 лет) коррелирует с более сильным снижением резерва яичников [31]. Однако механизмы, с помощью которых витамин D регулирует функцию фолликулов и качество ооцитов, остаются неясными из-за отсутствия адекватных исследовательских моделей.

Предыдущие исследования на животных показали, что самки мышей, соблюдающие диету с дефицитом витамина D после полового созревания, задерживают развитие фолликулов и продлевают эстральные циклы, при этом меньшее количество ооцитов извлекается из яйцеводов после стимуляции гонадотропинами [31]. У самок мышей без рецепторов к витамину D обнаруживалась недостаточность яичников с нарушением развития фолликулов [32]. Биосинтез эстрогенов был нарушен из-за снижения экспрессии генов и активности ароматазы. Похоже, что витамин D необходим для правильной функции яичников и поддержания женской репродуктивной физиологии. Чтобы исключить системные эффекты, вызванные глобальными манипуляциями, например, повышенным уровнем лютеинизирующего гормона (ЛГ) и фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в сыворотке крови у мутантных мышей VDR [32], использовался метод культивирования фолликулов, позволяющий напрямую обрабатывать витамином D фолликулы, полученные *in vitro* [30]. Данные показали, что добавка витамина D3 улучшила выживаемость фолликулов макака, рост и выработку антимюллерова гормона (АМГ) *in vitro*.

В настоящем исследовании, вместо того, чтобы охватывать весь период культивирования фолликулов,

витамин D добавлялся на определенных этапах развития фолликулов для изучения прямого действия VD3 на преантральный и антральный рост и функцию фолликулов, включая секрецию стероидов и созревание ооцитов. Более того, были проведены эксперименты для проверки гипотезы о том, что рецепторы к витамину D и ферменты, важные для биосинтеза витамина D, экспрессируются в фолликулах, развивающихся *in vivo* и *in vitro*. Конечные точки также включали эффекты витамина D3 на экспрессию генов, которые имеют решающее значение для передачи сигналов гонадотропина, выработки стероидных и паракринных факторов, а также качества ооцитов.

На эту взаимосвязь, скорее всего, влияет биодоступность витамина D в целевых участках. Связывающий витамин D белок (VDBP) в суперсемействе рецепторов ядерного гормона и альбумин связывают более 99% доступного активного гормона, и, таким образом, его активность на рецепторе сильно зависит от концентраций VDBP и его полиморфизма, которые могут варьироваться в зависимости от этнической принадлежности. При анализе прямого воздействия на клетки гранулезы активным метаболитом 1,25-дигидроксивитамина D3, который не взаимодействует со связывающим белком, были отмечены изменения в экспрессии гена рецептора антимюллерова гормона (АМГ), а также в передаче сигналов от АМГ далее к органам мишеням. [29]

Эти данные начинают проливать свет на прямые влияния недостаточности витамина D или потенциального механизма действия недостаточности, т.к. это имеет прямое отношение к репродуктивному успеху.

С помощью модели приматов, удалось изучить воздействие 1,25 — дигидроксивитамина D3 на созревание фолликулов от преантральной до антральной стадии. Результаты показали, как 1,25 — дигидроксивитамин D3 влияет на выживание и рост фолликулов, а также на рост ооцитов в зависимости от дозы и стадии. План эксперимента *in vitro* позволял контролировать, а также подвергать воздействию 1,25-дигидроксивитамина D3 в низких и высоких дозах. Интересно, что низкая доза 1,25-дигидроксивитамина D3 влияла на преантральную выживаемость фолликулов, а высокая доза влияла на диаметр фолликулов. Важно отметить, что больший размер фолликула не обязательно означает более качественный фолликул или ооцит. Стероидные гормоны часто действуют непрерывно, и вполне возможно, что супрафизиологические дозы на самом деле могут иметь меньшую отдачу или даже быть токсичными. [30]

Xu J. Hennebold J.D. Seifer D.B. продемонстрировали как дозозависимый, так и стадийный процесс влияния

витамина D на фолликулогенез, что может объяснить некоторые из противоречивых результатов, связанных с влиянием этого стероида на овариальный резерв. Предыдущие данные свидетельствуют о вариабельности концентрации биодоступного витамина D. Эффект дифференциальной дозы 1,25-дигидроксивитамина D3 — низкая доза эффективна на ранней стадии, а высокая доза эффективна позже в фолликулогенезе — указывает на потенциальный фактор экспрессии рецептора витамина D, что не было полностью включено в прошлые анализы. [30]

Возраст

Возраст — важнейший физиологический фактор, который определяет благополучие репродуктивной функции женщины, а также успех лечения бесплодия. Репродуктивная система претерпевает два основных критических периода — половое созревание и наступление менопаузы, характеризующих активацию и прекращение функции яичников.

«К моменту становления менструальной функции количество примордиальных фолликулов в яичниках девочки составляет 270 000–470 000» [11]. В 27–28 лет происходит повышение базального уровня ФСГ, и снижается вероятность зачатия за один менструальный цикл. Проведенные в последние годы исследования [9,10] показали, что скорость исчезновения фолликулов увеличивается в 2 раза, когда примордиальный пул уменьшается до 25 000 фолликулов, в норме это соответствует возрасту 37,5 года. Этот возраст определяется как критический, после которого овариальный резерв резко снижается, а к 45 годам вероятность зачатия вообще приближается к нулю [1]. С каждым менструальным циклом уменьшается общее количество фолликулов.

На сегодняшний день всё больше женщин обращаются к репродуктологам с жалобой на отсутствие беременности в позднем репродуктивном возрасте. У данной возрастной группы, как правило, снижен ОР. Выше уже говорилось, что в 35 лет скорость атрезии фолликулов увеличена в два раза [1,9,10]. Возможно, основную роль в снижении фолликулярного запаса яичников играют изменения, происходящие с возрастом в клетках гранулезы, что приводит к уменьшению секреции эстрадиола и ингибина В. Farquhar С.М. и Gleicher N. [1] предположили, что ооциты, заключенные в нерастущие первичные фолликулы не «стареют». Только вступив в процесс созревания, они приобретают риск «потери качества» за счет созревания в измененной околооцитарной среде. Теория старения окружающей среды, а не яйцеклеток предлагает значительные терапевтические возможности в лечении бесплодия в позднем репродуктивном возрасте.

Другие факторы

Принадлежность к определенной этнической группе также может влиять на овариальный резерв. В исследованиях [14–16] установлено, что женщины из Индии, Юго-Восточной Азии, стран Карибского бассейна, Китая и Латинской Америки имели более низкий овариальный резерв по сравнению с женщинами того же возраста европейской расы и Кавказа.

Ожирение

В литературе сообщалось о противоречивых результатах исследований, посвященных взаимосвязи между ожирением и овариальным резервом. В исследовании 2019 г. пытались изучить, влияет ли ожирение на сывороточные концентрации маркеров овариального резерва у бесплодных женщин с различным статусом яичникового резерва. В общей сложности 402 женщины были разделены на три группы в соответствии с индексом массы тела (ИМТ <25 кг / м²: нормальный, n = 198; 25,0–29,9 кг / м²: избыточный вес, n = 126; и ≥ 30 кг / м²: ожирение, n = 78). Женщины также были разделены на две группы по окружности талии (ОТ <80 см: нормальные, n = 103; и ≥ 80 см: страдающие ожирением, n = 299). Участницы также были разделены на три типа паттернов яичникового резерва: нормальный (n = 146), высокий (n = 112) и плохой овариальный резерв (n = 144). Уровни сывороточного антимюллера гормона (АМГ), эстрадиола (Е2) и фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) были проанализированы и сравнены во всех группах. Подводя итог, не было достоверных различий в ИМТ и ОТ в трех группах яичникового резерва. Были достоверные различия между всеми группами яичникового резерва по АМН, Е2 и FSH (p <0,001 для всех). Сравнение параметров овариального резерва (АМГ, Е2 и ФСГ) и параметров ожирения (ИМТ и ОТ) не выявило значимых различий у женщин со всеми типами овариального резерва. [32]

Воспалительные заболевания органов малого таза

Генитальный туберкулез, даже в латентной форме, всё чаще признается причиной низкого овариального резерва у индийских женщин. Известно, что такие женщины имеют аномальные результаты тестов функциональной диагностики яичников и демонстрируют признаки плохого ответа, требующего высоких доз гонадотропинов для стимуляции яичников при проведении ЭКО. Механизмы, связанные с отсутствием очевидного структурного повреждения, не поняты в настоящий момент. Известно, что «хламидийная инфекция отрицательно влияет на реакцию яичников у тех, кто

использует процедуру ЭКО» [11,12]. Неизбежно склерозирование тканей с нарушением питания фолликулярного аппарата.

Воздействие химических веществ и загрязнений

Химическое загрязнение — это загрязнение окружающей среды, формирующееся в результате изменения ее естественных химических свойств или при поступлении в среду химических веществ, несвойственных ей, а также в концентрациях, превышающих фоновые (естественные) среднесуточные колебания количеств каких — либо веществ для рассматриваемого периода времени. («Словарь справочник терминов нормативно- технической документации»). Химические загрязнители могут попадать в организм животного и человека напрямую, с водой, ингаляционно при вдыхании. А также попадание вредных химических веществ в организм может происходить опосредованно, через пищу, например, растения, которые выращены в экологически неблагоприятных местах, или рыба, которая выросла в загрязненных человеком озерах или реках. И, наконец, мясо животных, которым либо специально добавляют в пищу химические добавки для ускорения роста или набора массы, либо они сами питаются растительной пищей, произрастающей на загрязненной почве. Таким образом, из-за нерационального землепользования, земледелия и животноводства, человек своими руками совершенствует ряд возможных путей поступления химических загрязнителей в организм. К химическим загрязнителям можно отнести разные вещества, от тяжелых металлов, до органических соединений, источниками которых являются промышленные предприятия, сельскохозяйственные производства и транспорт. Часто ксенобиотики, в частности тяжелые металлы, существуют в природе как различные смеси и взаимодействующие комплексы. От такого разнообразия эффекты влияния на организм в целом очень разнятся в зависимости от большого количества факторов. В последнее время выделяют даже группу — репродуктивных токсикантов. К репродуктивно токсичным тяжелым металлам относят свинец, ртуть, кадмий, медь. В 2010 году Nandi S. изучая влияния тяжелых металлов на развитие ооцитов буйвола и развитие *in vitro*, показал, что кадмий и свинец оказывают дозозависимое влияние на жизнеспособность, морфологические аномалии, созревание, расщепление и выход бластоцисты. Интоксикации различными химическими веществами, которые используются в промышленности, сельском хозяйстве в качестве пестицидов, гербицидов, растворителей, отходы промышленности (тяжелые металлы и продукты химического синтеза) также могут приводить к снижению овариального резерва [17, 18].

Выводы

Овариальный резерв является важной составляющей частью потенциала фертильности женщины.

1. Для прогнозирования потенциала фертильности необходимо использовать основные методы диагностики овариального резерва: УЗИ с целью определения объема яичника (более 8 см³), количества антральных фолликулов (более 5 в каждом яичнике), измерение уровня антимюллерова гормона (более 1 нг/мл);
2. основными причинами снижения овариального резерва являются: поздний репродуктивный возраст; эндометриоидное поражение яичников;

хирургическое лечение путём резекции яичника, эмболизация маточных артерий; ВЗОМТ, радиационное, химиотерапевтическое лечение;

3. несмотря на современные подходы использования органосохраняющих операций при яичниковых образованиях, значительные терапевтические возможности лечения бесплодия в позднем репродуктивном возрасте, вспомогательные репродуктивные технологии (ЭКО, ИКСИ), которые практически не оставляют шанса бесплодию, женщине необходимо задумываться о реализации своей репродуктивной функции до момента снижения работы половых желез, то есть до 27–28 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко, М.В. Диагностическое и прогностическое значение состояния ооцит — фолликулярной системы в оценке овариального резерва: дисс. канд. мед. наук. — М., 2018. — 9–20 с.
2. Боярский К.Ю. Роль показателей овариального резерва при лечении бесплодия методом ЭКО-ПЭ // Лечение женского и мужского бесплодия (вспомогательные репродуктивные технологии) / под ред. Кулакова В.И., Леонова Б.В., Кузьмичева Л.Н. — М.: МИА, 2005. — С. 53–60.
3. Назаренко Т.А., Смирнова А.А. Индукция моно- и суперовуляции: оценка овариального резерва, ультразвуковой и гормональный мониторинг // Проблемы репродукции. — 2004. — № 1. — С. 39–43
4. Боярский К.Ю. Факторы, определяющие овариальный резерв. Журн. акушерства и женских болезней. 2009. Вып. 2; с. 65–71.
5. Joffe M, Key J, Best N, Jensen TK, Keiding N. The role of biological fertility in predicting family size, Hum Reprod, 2009, vol. 24 (pg. 1999–2006)
6. Mills M, Rindfuss RR, McDonald P, te Velde E. ESHRE Reproduction and Society Task Force Why do people postpone parenthood? Reasons and social policy incentives, Hum Reprod Update, 2011, vol. 17 (pg. 848–860)
7. Schmidt L, Sobotka T, Bentzen JG, Nyboe Andersen A. ESHRE Reproduction and Society Task Force Demographic and medical consequences of the postponement of parenthood, Hum Reprod Update, 2012, vol. 18 (pg. 29–43)
8. Женское бесплодие (современные подходы к диагностике и лечению). Клинические рекомендации (протокол лечения). МЗ РФ 05 марта 2019 г. № 15–4/и/2–1913–15с.
9. Pelosi E, Simonsick E, Forabosco A, Garcia-Ortiz J.E, Schlessinger D. Dynamics of the Ovarian Reserve and Impact of Genetic and Epidemiological Factors on Age of Menopause. Biol Reprod. 2015 May;92(5):130. doi: 10.1095/biolreprod.114.127381
10. Ottolenghi C, Uda M, Hamatani T, Crisponi L, Garcia J.E, Ko M, Pilia G, Sforza C, Schlessinger D, Forabosco A. Aging of oocyte, ovary, and human reproduction. Ann N Y Acad Sci. 2004;1034:117–131. doi: 10.1196/annals.1335.015
11. Кузнецова И.В., Уварова Е.В., Коновалов В.А. Проблемы гормональной контрацепции у подростков // Репродуктив. здоровье детей и подростков. 2008. № 6.
12. Кулаков, В.И. Проблемы и перспективы лечения бесплодия в браке/В.И. Кулаков, Овсянникова// Акушерство и гинекология. — 1997. — № 3, — с. 5–8.
13. Современный взгляд на овариальный резерв у женщин репродуктивного возраста с эндометриоидными кистами яичников (обзор литературы) Е.С. Филипова и соавт.//Проблемы репродукции — 2017, doi: 10.17116/repro201723272–80
14. Iglesias C, Banker M, Mahajan N, Herrero L, Meseguer M, Garcia-Velasco J.A. Ethnicity as a determinant of ovarian reserve: Differences in ovarian aging between Spanish and Indian women. Fertil Steril. 2014 Jul;102(1):244–249. doi: 10.1016/j.fertnstert.2014.03.050
15. Jayaprakasan K, Pandian D, Hopkisson J, Campbell BK, Maalouf WE. Effect of ethnicity on live birth rates after in vitro fertilisation or intracytoplasmic sperm injection treatment. BJOG. 2014 Nov;121(12):300–306. doi: 10.1111/1471–0528.12504
16. Bleil ME, Gregorich SE, Adler NE, Sternfeld B, Rosen MP, Cedars MI. Race/ethnic disparities in reproductive age: An examination of ovarian reserve estimates across four race/ethnic groups of healthy, regularly cycling women. Fertil Steril. 2014 Jan;101(1):199–207.
17. T Var, S Batioglu, E Tonguc, I Kahyaoglu: The effect of laparoscopic ovarian cystectomy versus coagulation in bilateral endometriomas on ovarian reserve as determined by antral follicle count and ovarian volume: a prospective randomized study. Fertil Steril 95, 2247–2250 (2011) DOI: 10.1016/j.fertnstert.2011.03.078
18. D Tsalakidis, G Pados, D Vavilis, D Athanatos, T Tsalikis, A Giannakou, BC Tarlatzis: The impact on ovarian reserve after laparoscopic ovarian cystectomy versus three-stage management in patients with endometriomas: a prospective randomized study. Fertil Steril 94:71–77 (2010) DOI: 10.1016/j.fertnstert.2009.01.138
19. S Ferrero, PL Venturini, DJ Gillott, V Remorgida, U Leone Roberti Maggiore: Hemostasis by bipolar coagulation versus suture after surgical stripping of bilateral ovarian endometriomas: a randomized controlled trial. J Minim Invasive Gynecol 19, 722–730 (2012) DOI:10.1016/j.jmig.2012.08.001
20. H Roman, M Bubenheim, M Auber, L Marpeau, L Puscasiu. Antimullerian hormone level and endometrioma ablation using plasma energy. JSLS18, pii: e2014.0.0002 (2014) No DOI found

21. H Roman, M Auber, C Mokdad, C Martin, A Diguët, L Marpeau, N Bourdel: Ovarian endometrioma ablation using plasma energy versus cystectomy: a step toward better preservation of the ovarian parenchyma in women wishing to conceive. *Fertil Steril* 96, 1396–1400 (2011) DOI:10.1016/j.fertnstert.2011.09.045
22. Fuhua Xu, Shally Wolf, O'ryai Green, and Jing Xu: Vitamin D in follicular development and oocyte maturation in *Reproduction* DOI:10.1530/REP-20-0608
23. Franasiak JM, Lara EE & Pellicer A 2017 Vitamin D in human reproduction. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology* 29 p.189–194. doi.org/10.1097/GCO.0000000000000375
24. Zhao G, Ford ES, Tsai J, Li C & Croft JB 2012 Factors associated with vitamin D deficiency and inadequacy among women of childbearing age in the United States. *ISRN Obstetrics and Gynecology* 2012 691486//doi.org/10.5402/2012/691486
25. Jing Xu, Maralee S Lawson, Fuhua Xu, Yongrui Du, Olena Y Tkachenko, Cecily V: Vitamin D3 Regulates Follicular Development and Intrafollicular Vitamin D Biosynthesis and Signaling in the Primate Ovary 2018, *PubMed* DOI: 10.3389/fphys.2018.01600
26. Fang, F., Ni, K., Cai, Y., Shang, J., Zhang, X., and Xiong, C. (2017). Effect of vitamin D supplementation on polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complement. Ther. Clin. Pract.* 26, 53–60. doi: 10.1016/j.ctcp.2016.11.008
27. Ozkan S, Jindal S, Greenseid K, Shu J, Zeitlian G, Hickmon C et al. Replete vitamin D stores predict reproductive success following in vitro fertilization. *Fertil Steril.* 2010; 94: 1314–1319
28. Rudick B, Ingles S.A, Chung K, Stanczyk K, Paulson R.J, Bendikson K.A. Influence of vitamin D levels on in vitro fertilization outcomes in donor-recipient cycles. *Fertil Steril.* 2014; 101: 447–452
29. Muscogiuri, G., Altieri, B., de Angelis, C., Palomba, S., Pivonello, R., Colao, A., et al. (2017). Shedding new light on female fertility: the role of vitamin D. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 18, 273–283. doi: 10.1007/s11154-017-9407-2
30. Xu J, Hennebold J.D, Seifer D.B. Direct vitamin D3 actions on rhesus macaque follicles in three-dimensional culture: assessment of follicle survival, growth, steroid, and anti-Müllerian hormone production. *Fertil Steril.* 2016; 106: 1815–1820
31. Merhi, Z.O., Seifer, D.B., Weedon, J., Adeyemi, O., Holman, S., Anastos, K., et al. (2012). Circulating vitamin D correlates with serum antimüllerian hormone levels in late-reproductive-aged women: women's interagency HIV study. *Fertil. Steril.* 98, 228–234. doi: 10.1016/j.fertnstert.2012.03.029
32. Kinuta, K., Tanaka, H., Moriwake, T., Aya, K., Kato, S., and Seino, Y. (2000). Vitamin D is an important factor in estrogen biosynthesis of both female and male gonads. *Endocrinology* 141, 1317–1324. doi: 10.1210/endo.141.4.7403
33. Obesity Does not Compromise Ovarian Reserve Markers in Infertile Women Umit Gorkem, Ferit Kerim Kucukler, Cihan Togrul, Şebnem Gulen 3 DOI: 10.1055/a-0650-4723/2019 Jan;79(1):79–85.

© Буданова Мария Александровна (budan220997@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Городская клиническая больница им. М.П. Кончаловского, г. Москва

ПОВТОРНОЕ КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ МИОКАРДА НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ У ПАЦИЕНТА С ОСТРЫМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

REDO CORONARY BYPASS INFARCTION AFTER ACUTE CORONARY SYNDROME IN THE WORKING HEART

A. Jalilov

Summary. Currently, the operation of coronary artery bypass grafting is undoubtedly a highly effective method of treating patients with coronary artery disease. This method of myocardial revascularization in most cases allows achieving a stable improvement in the quality and an increase in the life expectancy of operated patients [1]. After primary myocardial revascularization, the likelihood of a patient requiring repeated coronary artery bypass grafting depends on patient-related indicators, indicators associated with primary surgery, the possibility of alternative treatment, expert opinion on the possibility of repeated myocardial revascularization and the time of its implementation [2]. The time of occurrence of relapse of angina pectoris is determined by the peculiarities of the clinic before the primary surgery, the presence or absence of post infarction cardiosclerosis, the prevalence and localization of stenosing lesions of the coronary arteries, concomitant pathology (arterial hypertension, dyslipidemia, diabetes mellitus, obesity II — III degree, etc.). Persistence of signs of instability before surgery, early post infarction angina pectoris, circulatory failure significantly worsen the prognosis of CABG [3]. The likelihood of a poor prognosis increases as the left ventricular ejection fraction decreases. Patients with acute coronary syndrome who have undergone myocardial revascularization and who are candidates for reoperation are increasing every year]. According to Research at the Cleveland Clinic, in the early years of coronary surgery (1967 to 1978), only 28% of patients underwent a second coronary bypass surgery solely for shunt thrombosis, and that shunt thrombosis often occurred early after primary surgery (mean postoperative interval 28 months after primary surgery). From 1967 to 1978, 55% of patients operated on for coronary artery disease were repeatedly subjected to coronary artery bypass grafting due to the progression of atherosclerosis in non-bypass coronary arteries. Today, early graft damage and disease progression in unshunted vessels are not the main reasons for reoperation. Patients who have undergone reoperation have special, more complex pathologies. Atherosclerosis of venous shunts is present in most patients and is one of the leading and most dangerous diseases of conduits. The first case of successful repeated myocardial revascularization in a patient with recurrent angina pectoris after previously performed mammary-coronary bypass grafting is presented to our attention. Authors' contributions.

Keywords: acute coronary syndrome, coronary artery bypass grafting, repeated myocardial revascularization.

Жалилов Адхам Кахрамонович

К.м.н., Каршинский филиал республиканского
специализированного научно-практического
медицинского центра кардиологии
Jalilov_adham@mail.ru

Аннотация. В настоящее время операция аортокоронарного шунтирования, несомненно, является высокоэффективным методом лечения больных ИБС. Данный способ реваскуляризации миокарда, в большинстве случаев, позволяет добиться стойкого улучшения качества и увеличения продолжительности жизни оперированных пациентов [1].

После проведения первичной реваскуляризации миокарда риск повторной операции зависит от: показателей, связанных с пациентом, факторов, связанных с первичной операцией, возможности альтернативного лечения, мнения экспертов о возможности выполнения повторной реваскуляризации миокарда и времени ее выполнения [2].

Время возникновения рецидива стенокардии обусловлено особенностями клиники ИБС до первичного оперативного вмешательства, наличием или отсутствием постинфарктного кардиосклероза, распространенностью и локализацией стенозирующего поражения коронарных артерий, сопутствующей патологией (артериальная гипертензия, дислипидемия, сахарный диабет, ожирение II — III степени и др.). Сохранение признаков нестабильности стенокардии перед операцией, ранняя постинфарктная стенокардия, недостаточность кровообращения значительно ухудшают прогноз КШ [3]. Вероятность неблагоприятного прогноза возрастает по мере снижения фракции выброса левого желудочка.

Число пациентов с острым коронарным синдромом, перенесших реваскуляризацию миокарда и являющихся кандидатами на повторную операцию, увеличивается с каждым годом. Данные исследования, проведенного в Кливлендской клинике, наглядно продемонстрировали, что в ранние годы коронарной хирургии (с 1967 по 1978) только 28% пациентов подверглись повторной операции — коронарному шунтированию, исключительно из-за тромбоза шунта, и что тромбоз шунта часто происходило в ранний период после первичной операции (средний послеоперационный интервал 28 месяцев после первичной операции). С 1967 по 1978 г у 55% пациентов, оперированных по поводу ИБС, повторно подвергались коронарному шунтированию из-за прогрессирования атеросклероза в не шунтированных коронарных артериях. Сегодня раннее повреждение шунтов и прогрессирование болезни в нешунтированных сосудах не являются основными причинами повторной операции.

Пациенты, подвергшиеся повторной операции, имеют особые, более сложные патологии. Атеросклероз венозных шунтов присутствует у большинства больных и является одной из ведущих и опаснейших заболе-



Введение

В настоящее время операция аортокоронарного шунтирования, несомненно, является высокоэффективным методом лечения больных ИБС. Данный способ реваскуляризации миокарда в большинстве случаев позволяет добиться стойкого улучшения качества и увеличения продолжительности жизни оперированных пациентов [1].

После проведения первичной реваскуляризации миокарда риск повторной операции зависит от: показателей, связанных с пациентом, факторов, связанных с первичной операцией, возможности альтернативного лечения, мнения экспертов о возможности выполнения повторной реваскуляризации миокарда и времени ее выполнения [2].

С ростом количества больных, подвергшихся операции аорто — коронарного шунтирования (АКШ), растет число пациентов, нуждающихся в повторной реваскуляризации миокарда (РМ); и, в настоящее время, по численности они составляют вторую после первичного аорто-коронарного шунтирования (АКШ) группу, нуждающихся в хирургическом лечении [1; 7].

Поражение атеросклерозом коронарных артерий (КА), нестабильная стенокардия и прогрессирующая стенокардия, по своей природе имеют прогрессирующее течение. При этом шунтирующие кондуиты, в частности венозные, имеют тенденцию к атеросклеротическому поражению [1; 10]. Вышеперечисленные особенности способствуют рецидиву появления симптомов нестабильной стенокардии, инфаркта миокарда без подъёма сегмента ST и необходимости выполнения повторных вмешательств.

Потребность в повторном вмешательстве более часто возникает во 2-е десятилетие после первичной операции. По результатам исследовательской группы Sergeant, выявлено, что если спустя 10 лет после АКШ, повторного вмешательства удастся избежать 89% пациентов, то через 15 лет этот показатель снижается до 72% [4].

В нашем центре впервые выполнена повторная реваскуляризация миокарда на работающем сердце по методике off pump coronary artery bypass.

ваний кондуитов. Вашему вниманию представляется первый случай успешного проведения повторной реваскуляризации миокарда у больной с возвратом стенокардии после ранее выполненного маммарокоронарного шунтирования.

Ключевые слова: острый коронарный синдром, аортокоронарное шунтирование, повторная реваскуляризация миокарда.

В нашей работе мы представляем первый опыт проведения повторной реваскуляризации миокарда на работающем сердце.

Клинический случай

Пациент К., 46 лет, поступил в стационар с диагнозом: ишемическая болезнь сердца. Нестабильная стенокардия. Постинфарктный кардиосклероз. Состояние после операции маммарокоронарное шунтирование от 2009 г. Гипертоническая болезнь III ст. Риск 4.

Из анамнеза известно, что в 2006 и 2007 годах перенес инфаркт миокард. В 2009 году после безуспешной попытки реканализации передней нисходящей артерии, было проведено маммарокоронарное шунтирование.

На момент госпитализации общее состояние средней тяжести. На ЭКГ — синусовая аритмия, признаки гипертрофии левого желудочка. Рубцовые изменения на задней стенке ЛЖ. По данным эхокардиографии: конечный диастолический объем 135 мл, конечный систолический объем 67 мл, фракция выброса левого желудочка 50%. Размер левого предсердия не превышал 3,8 см. Патологии клапанов сердца не выявлено. При коронарографии (Рис 1.): ствол левой коронарной артерии без изменений. Хроническая окклюзия в средней трети передней нисходящей артерии. Также имеется стеноз 85% диагональной артерии и 65% артерии тупого края. Пациенту ранее были выполнены неоднократные безуспешные попытки реканализации коронарных артерий в разных клиниках республики и зарубежом. Учитывая тяжелое многососудистое поражение коронарных артерий и нестабильную стенокардию, решено провести повторную реваскуляризацию миокарда на работающем сердце.

Протокол операции: Установлен катетер в левую лучевую артерию пункционно. Эндотрахеальный наркоз. Операционное поле обработано раствором Бетадина трехкратно. Срединная стернотомия. Левая внутренняя грудная артерия (ЛВГА) скелетизирована и мобилизована от подключичной вены до бифуркации. Произведен забор V. saphena magna sinistra из расчета на 2 шунта. Перикард вскрыт, взят на дер-

жалки. Введено 10000 ЕД гепарина. Экспозиция ПМЖВ в д/З. Артерия диаметром 1.5 мм. Силиконовый турникет дистальнее и проксимальнее артериотомии. Наложен дистальный анастомоз ЛВГА с ПМЖВ нитью пролен 8/0. Ревизия ВТК-1, ВТК-3, стенки артерии атеросклеротически изменены на всем протяжении, твердая с бляшками, несунтабельна. Экспозиция ДВ в с/З. Артерия диаметром 2.25 мм. Силиконовый турникет дистальнее и проксимальнее артериотомии. Наложен дистальный анастомоз аутовены с артерии ДВ нитью пролен 7/0. На пристеночно отжатой аорте наложен проксимальный анастомоз аутовены с восходящей аортой нитью пролен 6/0. Профилактика воздушной эмболии. Пущен кровоток по шунту (Рис 2). Стабилизация гемодинамики. Послеоперационный период протекал гладко. Общая продолжительность вентиляции легких составила 8 часов. Пациент был выписан 12 – сутки после операции в удовлетворительном состоянии.

Обсуждение

После первично выполненной операции АКШ, вероятность повторного вмешательства, во многом, зависит как от хирургического пособия, так и от состояния нативных сосудов [3; 6].

Причиной рецидива стенокардии после операции АКШ в 83.8% случаев является нарушение проходимости аортокоронарных шунтов, причем в 59,5% случаев — это единственная причина возобновления ангинозных приступов [6]. Частота других причин рецидива стенокардии после АКШ была выявлена в следующих пределах:

- ◆ прогрессирование атеросклероза КА (шунтированных и нешунтированных) от 5,4 до 28,6% случаев [11];
- ◆ неполная реваскуляризация (отдельная причина в комбинации с дисфункцией шунтов) — до 29,1% [11];
- ◆ сочетанное поражение аутовенозного шунта и КА — от 2,7 до 11,9% [2; 9; 11].

По мнению Б.В. Шабалкина и Жбанова И.В. [2; 4], результаты АКШ во многом определяются функциональным состоянием участка «аорта- трансплантат- коронарная артерия». При этом авторы считают, что для нормального функционирования необходимо выполнять ряд требований: 1 — правильно наложить анастомозы; 2 — выбрать соответствующую длину трансплантата; 3 — правильно расположить трансплантат между аортой и коронарной артерией. Повторное АКШ сопровождается более высокой частотой осложнений и летальности по сравнению с первичным вмешательством. Среди таких осложнений выделяют:

трудности с доступом; опасность повреждения миокарда и функционирующих шунтов при кардиолизе; эмболизация атероматозными массами от пораженных кондуитов, трудности поиска последних; проблемы обеспечения адекватной защиты миокарда [7; 9; 13]. Поражение атеросклерозом коронарных артерий (КА), нестабильная стенокардия и прогрессирующая стенокардия по своей природе имеет прогрессирующее течение. При этом шунтирующие кондуиты, в частности венозные, имеют тенденцию к атеросклеротическому поражению [1; 10]. Вышеперечисленные особенности способствуют рецидив появления симптомов нестабильной стенокардии, инфаркта миокарда без подъема ST и необходимости выполнения повторных вмешательств.

Потребность в повторном вмешательстве более часто возникает во 2-е десятилетие после первичной операции. По результатам исследовательской группы Sergeant выявлено, что если спустя 10 лет после АКШ, повторного вмешательства удается избежать 89% пациентов, то через 15 лет этот показатель снижается до 72% [4].

При проведении повторного коронарного шунтирования в 60% случаев осложнения развиваются на этапе выполнения стернотомии и кардиолиза [7; 10]. После стернотомии развитие катастрофических кровотечений составляет от 2% до 6% со смертностью до 37% [7; 10], при этом повреждение мамарной артерии отмечается от 10% до 30% случаев, с дальнейшим развитием острого инфаркта миокарда до 20% и летальностью до 60% [7].

Повторное проведение коронарного шунтирования на работающем сердце по методике малоинвазивной реваскуляризации миокарда является одним из важных факторов успеха вмешательства вместе с высоко профессиональной кардиокомандой [8; 12]. По данным Ногзе и соавт., из 548 повторно оперированных больных на работающем сердце 514 (94%) пациентов были экстубированы на операционном столе [9; 13].

Таким образом, большинство рандомизированных исследований показали существенное уменьшение у повторно оперированных больных на работающем сердце по сравнению с повторно оперированными больными с ИК следующих показателей: потребности трансфузии препаратов крови, инотропной поддержки, респираторных инфекций, фибрилляций предсердий, острых нарушений кровообращения мозга (ОНМК), инфарктов миокарда, медиастинитов и рецидивов стенокардии в ближайшем послеоперационном периоде (до 30 дней) и летальности, как в ближайшем, так и в отдаленном послеоперационном периоде.

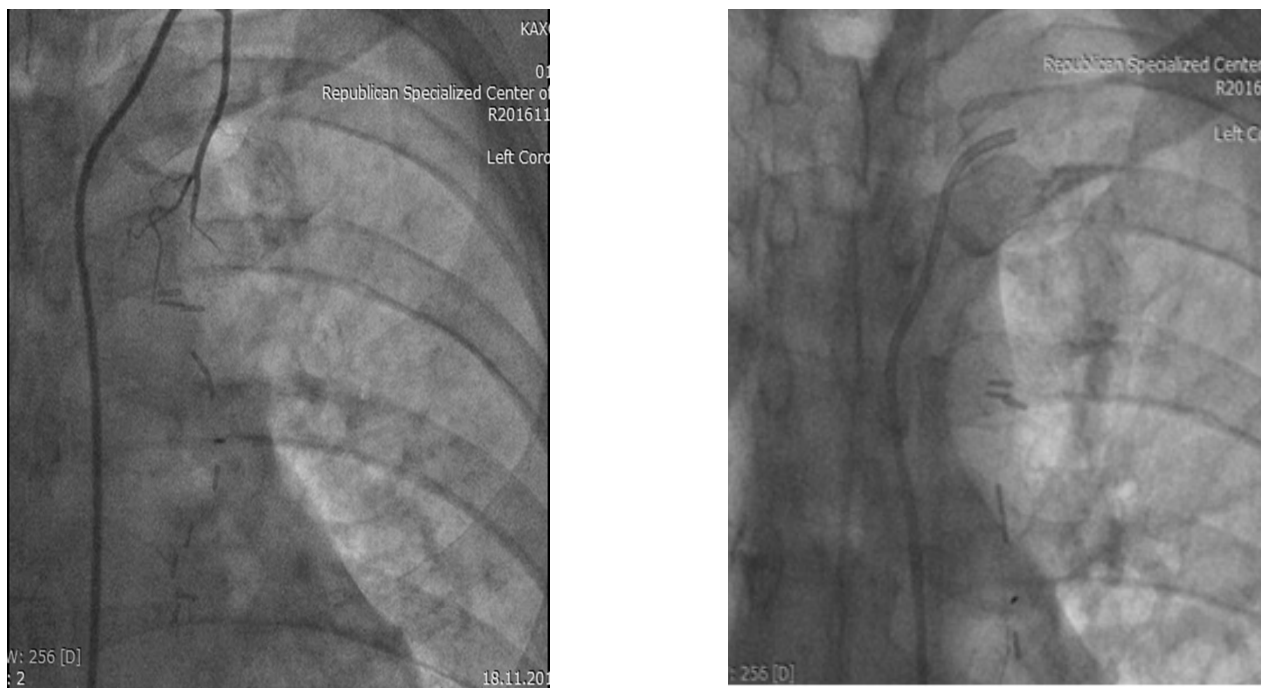


Рис. 1. Ангиография коронарных артерий и маммарокоронарного шунта. Обозначен тотальный стеноз левой внутренней грудной артерии с передней межжелудочковой ветвью

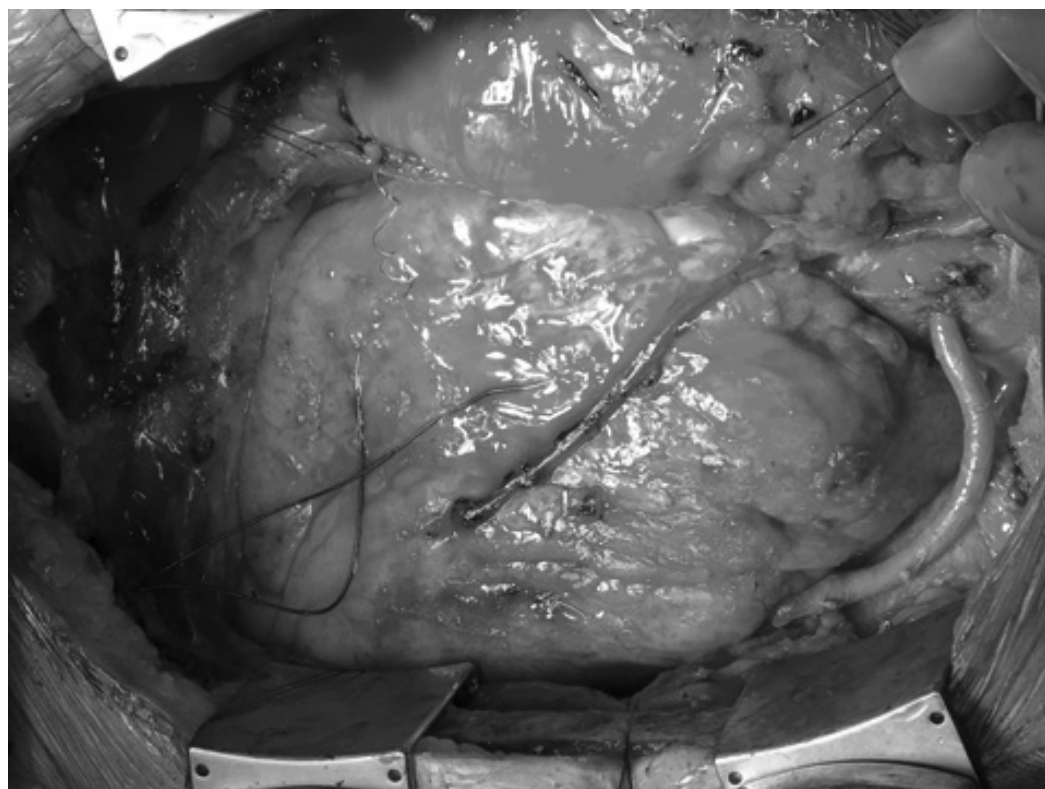


Рис. 2. Интраоперационное фото. Проведена операция — повторная малоинвазивной реваскуляризации миокарда доступом через срединную рестернотомию. Выполнено маммарно-коронарное шунтирование передней межжелудочковой артерии и аортокоронарное шунтирование аутовенозным трансплантатом диагональной ветви)

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Беришвили И.И., Сигаев И.Ю. Минимально инвазивная реваскуляризация миокарда у больных ИБС. — 2001 г.
2. Жбанов И.В. Повторная реваскуляризация миокарда при рецидиве стенокардии после аортокоронарного шунтирования. Дисс. . . докт. мед. наук. — М., — 1999. — Р. 218 с.
3. Сигаев И.Ю., Казарян А.В., Старостин М.В., Морчадзе Б.Д. Повторная реконструкция дистального маммарокоронарного анастомоза с ПМЖВ через левостороннюю переднебоковую торакотомию. // Патология кровообращения и кардиохирургия. -2015. —vol.4 —Р. 130–133.
4. Шабалкин Б.В., Жбанов И.В., Минкина С.М., Абугов С.А. «Болезнь» аутовенозных трансплантатов — основная причина рецидива стенокардии после аортокоронарного шунтирования. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 1999. — vol 5. — Р. 20.
5. Bergsland J, Hasnain S, Lajos TZ, Salerno TA Elimination of cardiopulmonary bypass: a prime goal in reoperative coronary artery bypass surgery. Eur J Cardiothorac Surg. — 1998. -Vol 14. —Р. 59–62
6. Czerny M, Zimpfer D, Kilo J, Gottardi R, Dunkler D, Wolner E, Grimm M Coronary reoperations: recurrence of angina and clinical outcome with and without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg — 2003. -vol 75. —Р. 847–852
7. Machiraju V.R. How to avoid problems in redo coronary artery bypass surgery. J Card Surg. —2014. — vol 19. —Р. 284–290
8. Mishra YK, Collison SP, Malhotra R, Kohli V, Mehta Y, Trehan N Ten-year experience with single-vessel and multivessel reoperative off-pump coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg. —2008. —vol.135 — P. 527–532
9. Morris CD, Puskas JD, Pusca SV, Lattouf OM, Cooper WA, Vassiliades TA, Chen EP, Thourani VH, Kilgo PD, Guyton RA Outcomes after off-pump reoperative coronary artery bypass grafting. Innovations. —2007. —vol 2. — P 29–32
10. Stamou SC, Pfi ster AJ, Dangas G, Dullum MK, Boyce SW, Bafi AS, Garcia JM, Corso PJ Beating heart versus conventional single-vessel reoperative coronary artery bypass. Ann Thorac Surg —2019. —vol 69. — P. 1383–1387
11. Schutz A, Mair H, Wildhirt SM, Gillrath G, Lamm P, Kilger E, Reichart B Re-OPCAB vs. Re-CABG for myocardial revascularization. Thorac Cardiovasc Surg. —2010. — vol. 49 — P. 144–148
12. Vohra HA, Bahrami T, Farid S, Mafi A, Dreyfus G, Amrani M, Gaer JA Propensity score analysis of early and late outcome after redo off-pump and on-pump coronary artery bypass grafting. Eur J Cardiothorac Surg. — 2008. —vol. 33 —Р. 209–214
13. Yau TM, Borger MA, Weisel RD, Ivanov J The changing pattern of reoperative coronary surgery: trends in 1230 consecutive reoperations. J Thorac CardiovascSurg. —2000. —vol. 120 — P. 156–163

© Жалилов Адхам Кахрамонович (Jalilov_adham@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА РОСТА ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА

METHOD FOR DETERMINING THE TYPE OF GROWTH OF THE FACIAL SKELETON

E. Zhulev
P. Goldobina
E. Nikolaeva

Summary. To determine the type of growth of the facial skeleton, various techniques are used that do not fully reflect the height-depth structure of the facial skeleton. The aim of the study was to develop a method for determining the type of growth of the facial skeleton. The developed average total index for determining the type of growth of the facial skeleton makes it possible to assess not only the type of growth of the facial skeleton, but also its tendency towards vertical and horizontal types. In addition, the derived coefficients make it possible to calculate the growth type formula on a three-dimensional model of the facial skeleton.

Keywords: orthognathic bite, type of growth of the facial skeleton, tendencies towards vertical and horizontal types of growth, malocclusion.

Жулев Евгений Николаевич

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский
Исследовательский Медицинский Университет»
Минздрава России (г. Нижний Новгород)*

Голдобина Полина Владимировна

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Приволжский
Исследовательский Медицинский Университет»
Минздрава России (г. Нижний Новгород)
pelagold_nn.52@mail.ru*

Николаева Елена Юрьевна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Приволжский
Исследовательский Медицинский Университет»
Минздрава России (г. Нижний Новгород)*

Аннотация. Для определения типа роста лицевого скелета используются различные методики, не отражающие в полной мере высотно-глубинное строение лицевого скелета. Целью исследования явилась разработка методики определения типа роста лицевого скелета. Разработанный средний суммарный индекс для определения типа роста лицевого скелета позволяет оценить не только тип роста лицевого скелета, но и его тенденции к вертикальному и горизонтальным типам. Кроме того, выведенные коэффициенты позволяют проводить расчет формулы типа роста на трехмерной модели лицевого скелета.

Ключевые слова: ортогнатический прикус, тип роста лицевого скелета, тенденции к вертикальному и горизонтальному типам роста, аномалии прикуса.

Актуальность

С целью определения типа роста лицевого скелета используются различные методики. Так Bjork A. (1966) определил три направления роста нижней челюсти: вертикальное, горизонтальное и нейтральное. Распространенность различных типов роста по данным разных авторов существенно отличается: вертикального — от 2,9 до 14%, горизонтального — от 12 до 26%. Есть данные, подтверждающие взаимосвязь горизонтального и вертикального типов роста с различными зубочелюстными аномалиями [1,2,4,5,6,7,8].

Тип рост лицевого скелета Персин Л.С. предлагает определять на основании серии угловых измерений и соотношения передней и задней высоты лица [4], а Фадеев Р.А. проводит оценку направления роста лицевого отдела черепа с помощью двух углов, характеризующих наклон нижней челюсти к основанию черепа (Pm/Pb) и ось переднее-заднего вращения (n-s-gn)

[7]. По мнению Хорошилкиной Ф.Я., угол NSL–ML, равный 35° или больше, характеризует вертикальный тип роста нижней челюсти, а равный 32° и менее — горизонтальный [8]. Однако данные методики не отражают в полной мере высотно-глубинное строение лицевого скелета. По мнению Жулева Е.Н. [2], именно нарушение пропорциональности развития его отдельных структур приводит к изменению направления роста лицевого скелета. Так, преобладание глубины лица над высотой характеризует горизонтальный тип роста, а преобладание высоты над глубиной — вертикальный. При данных вариантах происходит нарушение развития лицевого скелета в поперечно-продольном направлениях, затрагивающее наибольшее количество структур черепно-лицевого комплекса.

Таким образом, разработка методики определения типа роста лицевого скелета на основании изучения особенностей его высотно-глубинного строения является актуальным и имеет большое значение для диагностики и лечения аномалий зубочелюстной системы.

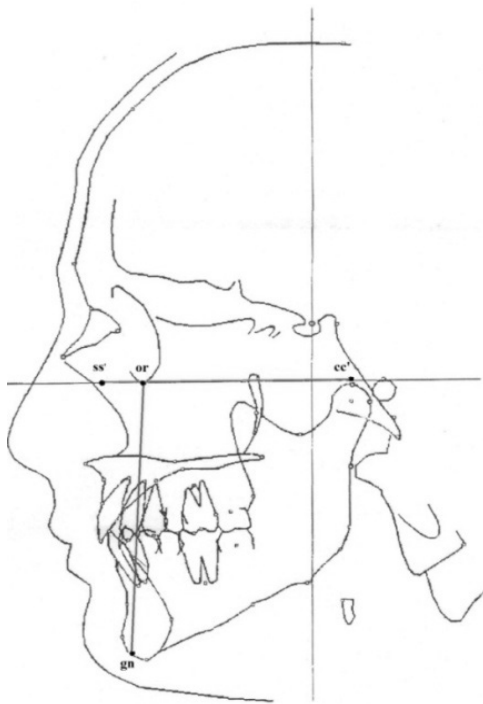


Рис. 1. Высотно-глубинный индекс Vimler

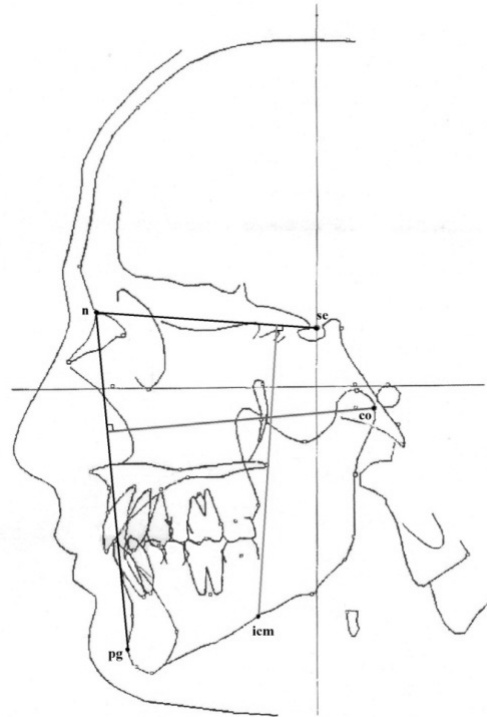


Рис. 2. Соотношение общей глубины и высоты лица

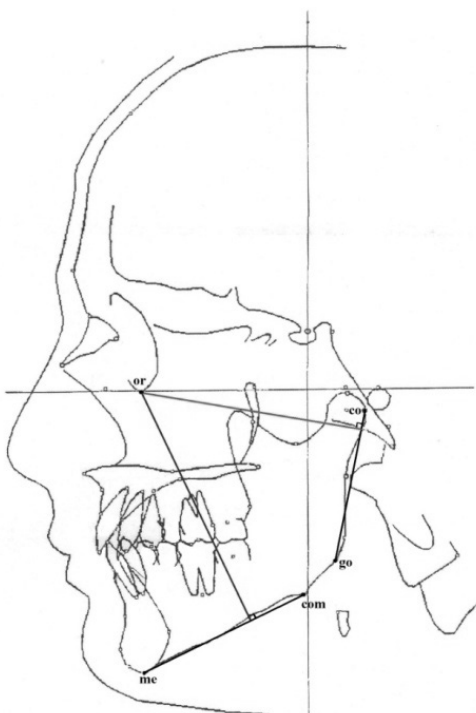


Рис. 3. Соотношение глубины и высоты лица

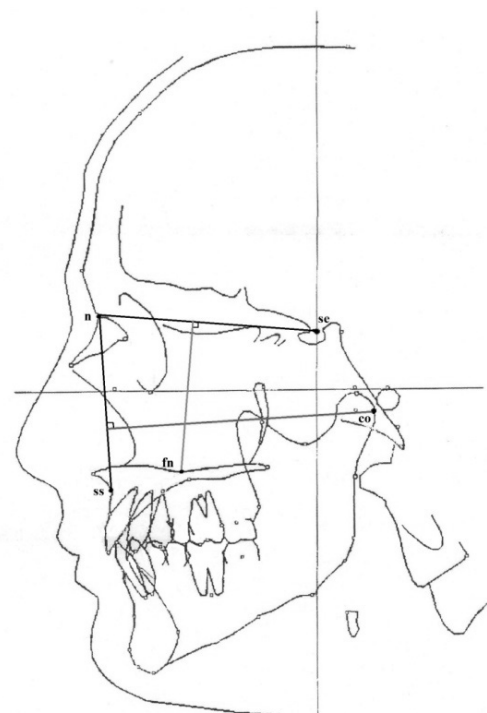


Рис. 4. Соотношение глубины и высоты средней зоны лица

Таблица 1. Рентгеноцефалометрические параметры для изучения различных типов роста лицевого скелета

№	Индексы определения типа роста лицевого скелета	Тип роста лицевого скелета		
		нейтральный	горизонтальный	вертикальный
1	$(or-gn) * 100/ss' - cc'$	$110,0 \pm 9,0$	<101	>119
2	$co(n-pg)*100/icm(n-se)$	$88,0 \pm 6,0$	>94	< 82
3	$or(co-go) * 100/or(me-com)$	$90,5 \pm 4,5$	>95	< 86
4	$co(n-ss) * 100 /fn(n-se)$	$170,0 \pm 10$	>180	<160
5	$ss(se-ram) * 100 /fn(n-se) + fn(me-com)$	$70,5 \pm 4,5$	>75	< 66

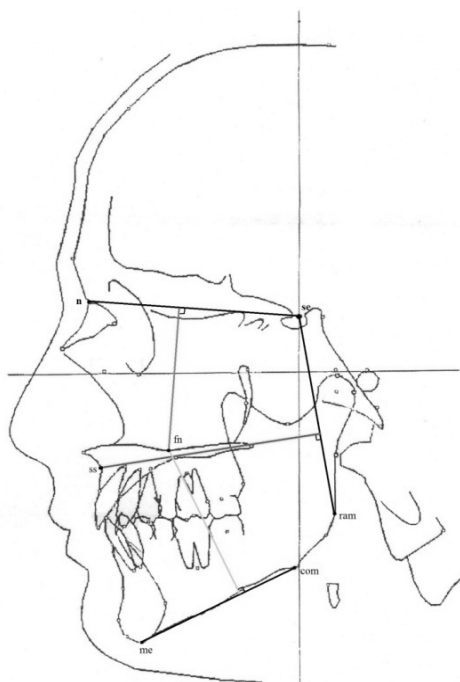


Рис. 5. Соотношение глубины средней зоны лица к высоте средней зоны и высоте среднего отдела гнатической части

Цель данного исследования

Разработка новой методики определения типа роста лицевого скелета.

Материалы и методы

Предложенная нами методика определения типа роста лицевого скелета состоит из 2 этапов. На первом

проводится оценка 5 параметров, отражающих высотно-глубинное строение лицевого скелета [2]. Для этого сначала рассчитываются пять соотношений по следующим формулам:

1. $(or-gn) \times 100 / ss' - cc'$ - высотно-глубинный индекс Bimler (Рис. 1),
2. $co(n-pg) \times 100 / icm(n-se)$ — соотношение общей глубины и высоты лица (Рис. 2),
3. $or(co-go) \times 100 / or(me-com)$ — соотношение глубины и высоты лица от нижнего края орбиты

Таблица 2. Интервалы значения суммарного среднего индекса для определения типа роста лицевого скелета.

	Типы роста лицевого скелета				
	Вертикальный тип роста	Тенденция к вертикальному типу роста	Нейтральный тип роста	Тенденция к горизонтальному типу роста	Горизонтальный тип роста
Значения суммарного индекса	<102,31	100,92–104,51	104,51–107,59	107,60–109,57	>109,57

Таблица 3. Распределение типов роста лицевого скелета по суммарному индексу при ортогнатическом прикусе

	Типы роста лицевого скелета				
	Вертикальный	Тенденция к вертикальному	Горизонтальный	Тенденция к горизонтальному	Нейтральный
Ортогнатический прикус (n=61)	6 (9,9%)	11 (18%)	10 (16,4%)	11(18%)	23 (37,7%)

Таблица 4. Распределение типов роста лицевого скелета по суммарному индексу у пациентов с различными аномалиями зубочелюстной системы

Вид прикуса	Тип роста лицевого скелета				
	Вертикальный	Тенденция к вертикальному	Горизонтальный	Тенденция к горизонтальному	Нейтральный
Дистальный прикус (n=36)	2 (5,5%)	1 (2,8%)	17 (47,2%)	10 (27,8%)	6 (16,7%)
Мезиальный прикус (n=15)	1 (6,7%)	3 (20%)	7 (46,7%)	2 (13,3%)	2 (13,3%)
Глубокий прикус (n=19)	2 (10,4%)	-	9 (47,4%)	4 (21,1%)	4 (21,1%)
Открытый прикус (n=16)	1 (6,25%)	2 (12,5%)	6 (37,5%)	4 (25%)	3 (18,75%)

Таблица 5. Значения критерия Уилкоксона и уровень значимости для индексов формулы определения типа роста лицевого скелета.

№	Индексы определения типа роста лицевого скелета	T-критерий Уилкоксона	Уровень значимости (p)
1	$((or-gn) * 100/ss' - cc')$ п.	967	0,169
2	$(co (n-pg)*100/icm(n-se))$ п.	755,5	0,732
3	$(or (co-go) * 100/or (me-com))$ п.	794,5	0,980
4	$(co (n-ss) * 100 /fn (n-se))$ п.	653	0,239
5	$(ss (se-ram) * 100 /(fn (n-se) + fn (me-com)))$ п.	832	0,785

до восходящей ветви и основания нижней челюсти (Рис. 4),

4. $co(n-ss) \times 100 / fn(n-se)$ — соотношение глубины и высоты средней зоны лица (Рис. 4),
5. $ss(se-ram) \times 100 / fn(n-se) + fn(me-com)$ — соотношение глубины средней зоны лица к высоте средней зоны и высоте среднего отдела гнатической части (Рис. 5).

Полученные данные сверяют со значениями, представленными в таблице 1.

На втором этапе с целью создания и проверки эффективности общего индекса типа роста лицевого скелета нами были изучены 61 телерентгенограмма (ТРГ) лиц с ортогнатическим прикусом и 65 компьютерных томограмм (КТ) пациентов с различными аномалиями соотношения зубных рядов.

Результаты исследования

ТРГ лиц с ортогнатическим прикусом были распределены в порядке убывания от среднего значения суммарного индекса в сторону его минимального и максимального значения. Для этого были изучены средние значения суммы пяти индексов и выведен суммарный средний индекс, характеризующий общий тип роста лицевого скелета (табл. 2.).

С помощью данного индекса были изучены 61 ТРГ пациентов с ортогнатическим прикусом и получены следующие данные (табл. 3.).

Из таблицы 3 видно, что при ортогнатическом прикусе преобладает нейтральный тип роста лицевого скелета (37,7%), а тенденции к вертикальному и горизонтальному типам встречаются гораздо реже.

Данный индекс также был рассчитан на 65 КТ пациентов с различными аномалиями зубочелюстной системы (таблица 4).

Распределение аномалий прикуса по типам роста лицевого скелета с помощью общего индекса показало, что тенденции в типах роста лицевого скелета по сравнению с ортогнатическим прикусом меняются. При дистальном и глубоком прикусе наблюдается преобладание горизонтального типа роста. Значительно

увеличивается количество пациентов с мезиальным прикусом и тенденцией к вертикальному типу роста лицевого скелета.

Для перевода формулы из 2D ТРГ на 3D были проведены расчеты 3D-параметров формулы 65 КТ пациентов на трехмерной модели лицевого скелета в программе Dolphin Image с различными типами роста лицевого скелета. На основании полученных результатов были выведены следующие индексы для трехмерной модели: 1,09; 0,9468; 0,9909; 0,8633; 0,9993.

Таким образом, формула расчета типа роста лицевого скелета на трехмерной модели приобретает следующий вид:

1. $((or-gn) * 100 / ss' - cc') * 1,09.$
2. $(co(n-pg) * 100 / icm(n-se)) * 0,9468.$
3. $(or(co-go) * 100 / or(me-com)) * 0,9909.$
4. $(co(n-ss) * 100 / fn(n-se)) * 0,8633.$
5. $(ss(se-ram) * 100 / (fn(n-se) + fn(me-com))) * 0,9993.$

Оценка достоверности индексов типа роста по разработанной нами методике на 3D ТРГ лицевого скелета проводилась с вероятностью ошибочного признания различий (значимы меньше 0,005).

В таблице 5 приведены значения критерия Уилкоксона и соответствующие ему уровни значимости (p) для каждого индекса формулы определения типа роста лицевого скелета при сравнении результатов оценки типа роста на 2D и 3D модели лицевого скелета.

Таким образом, из таблицы 4 видно, что индексы, полученные при измерении на 2D и 3D ТРГ неразличимы с уровнем значимости $p < 0,005$ ни по одному из признаков. Таким образом, индексы, измеренные на 2D и 3D ТРГ, неразличимы между собой, что свидетельствует о достоверности полученных нами коэффициентов.

Заключение

Разработанный средний суммарный индекс для определения общего типа роста лицевого скелета позволяет оценить не только тип роста, но и его тенденции к вертикальному и горизонтальным типам. Кроме того, выведенные нами коэффициенты позволяют проводить расчет разработанной нами формулы типа роста на трехмерной модели лицевого скелета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аболмасов, Н.Г. Ортодонтия: учебное пособие / Н.Г. Аболмасов, Н.Н. Аболмасов. — М.: МЕДпресс-информ, 2008. — 424 с.
2. Жулев, Е.Н. Ортопедическая стоматология: учебник / Е.Н. Жулев. — М.: МИА (Медицинское информационное агентство), 2012. — 824 с.: ил.

3. Жулев Е.Н., Николаева Е.Ю., Голдобина П.В. Патент РФ № 2717273/ 19.03.2020 Способ оценки типа роста лицевого скелета [Текст]: пат. 2717273 Рос. Федерация. № 2717273 С1: МПК А61В6/14.
4. Персин, Л.С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций: учебник / Л.С. Персин [и др.]. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 640 с.: ил.
5. Трезубов, В.Н. Ортодонтия: учебное пособие / В.Н. Трезубов, А.С. Щербаков, Р.А. Фадеев. — М: Медицинская книга, Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. — 148 с.
6. Фадеев, Р.А. Выявление корреляционных связей между различными рентгеноцефалометрическими параметрами / Р.А. Фадеев, А.Н. Исправникова // Институт стоматологии. — 2009. — № 2. — С. 22–24.
7. Фадеев, Р.А. Цефалометрическая диагностика зубочелюстных аномалий: учебное пособие / Р.А. Фадеев, В.В. Тимченко, Ю.П. Литовченко; Министерство здравоохранения Российской Федерации, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. — Санкт-Петербург: Эко-Вектор, 2017. — 92, с.: ил.
8. Хорошилкина, Ф.Я. Соотношение основного направления роста лицевого отдела черепа при физиологической окклюзии, дистоокклюзии и врожденных типах профиля лица / Ф.Я. Хорошилкина, Л.П. Набатчикова, А.Г. Чобанян, А.А. Манучарян // Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. — 2011. — № 1. — С. 128–137.

© Жулев Евгений Николаевич, Голдобина Полина Владимировна (pelagold_nn.52@mail.ru), Николаева Елена Юрьевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Приволжский Исследовательский Медицинский Университет

ПАТОГЕНЕЗ И МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ ИНФЕРТИЛЬНОСТИ ПРИ ЭНДОМЕТРИОЗЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

PATHOGENESIS AND METHODS OF INFERTILITY TREATMENT IN ENDOMETRIOSIS (LITERATURE REVIEW)

**D. Kalimatova
Yu. Dobrokhotova**

Summary. The review examines the causes of infertility in endometriosis. It is indicated that the treatment of infertility associated with endometriosis is a complex and controversial task, since the disease has a negative effect on fertility due to various mechanisms, the most important of which is a decrease in the ovarian reserve of the ovaries. It is noted that the observed changes can be associated both with the indirect effects of various pathogenetic mechanisms of endometriosis on the level of the ovarian reserve, and with the direct effect of surgical intervention on the ovarian tissue in this category of patients. Given the inconsistency of scientific data, the need for further research is noted.

Keywords: endometriosis, infertility, endometrial ovarian cyst, assisted reproductive technologies, intrauterine insemination, ovarian reserve.

Калиматова Донна Магомедовна

К.м.н., ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
9227707@gmail.com

Доброхотова Юлия Эдуардовна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Аннотация. В обзоре рассмотрены причины бесплодия при эндометриозе. Указано, что лечение бесплодия, связанного с эндометриозом, является сложной и неоднозначной задачей, поскольку заболевание оказывает негативное влияние на фертильность за счет различных механизмов, важнейшим из которых является снижение овариального резерва яичников. Отмечено, что наблюдаемые изменения могут связаны как с опосредованным влиянием различных патогенетических механизмов эндометриоза на уровень овариального резерва, так и с непосредственным воздействием хирургического вмешательства на ткань яичников у данной категории пациенток. Учитывая противоречивость научных данных, отмечена необходимость дальнейших исследований.

Ключевые слова: эндометриоз, бесплодие, эндометриальная киста яичника, вспомогательные репродуктивные технологии, внутриматочная инсеминация, овариальный резерв.

Введение

Эндометриоз представляет собой комплексный синдром, в основе патогенеза и клинический проявлений которого лежит эстрогензависимый хронический воспалительный процесс, который поражает преимущественно тазовые органы, в первую очередь — яичники [1, 2]. Заболевание является наиболее распространенной причиной хронической тазовой боли и одним из важнейших факторов бесплодия [2, 3]. У 25–50% женщин с бесплодием диагностируется эндометриоз, и приблизительно 30–50% пациенток с эндометриозом страдают от бесплодия. Частота встречаемости эндометриоза среди всех пациенток, прибегающих к вспомогательным репродуктивным технологиям (ВРТ), составляет в среднем 20–35% [3–5].

Одним из дискуссионных вопросов до настоящего времени остается необходимость хирургического лечения эндометриоза у пациенток с бесплодием. По дан-

ным ряда исследований, операция может привести к повреждению ткани яичника и снижению овариального резерва (ОР) [6, 7]. В связи с этим сегодня перед гинекологами и репродуктологами стоят важные задачи: обеспечить минимальную травматичность хирургических вмешательств на яичниках и оценить их функциональное состояние в послеоперационном периоде. Таким образом, ведение пациенток с бесплодием и эндометриозом — сложная и актуальная задача, требующая поиска эффективных методов ее решения.

Цель работы

Анализ литературных данных о современных подходах в лечении бесплодия у женщин с эндометриозом.

Термин «эндометриоз» изначально описывал гистологический диагноз, однако по мере формирования представлений о клинической картине этой патологии стал применяться для описания симптомокомплекса

поражения различных тканей в области таза. С анатомической точки зрения тазовый эндометриоз характеризуется наличием эндометриальной ткани за пределами полости матки, как правило, в тазовой брюшине, яичниках или других органах (в том числе в кишечнике) [2, 5].

Как показали результаты исследований, фертильность при эндометриозе снижается в результате развития резистентности эндометрия к прогестерону, усилению пролиферации и подавлению апоптоза, которые, в свою очередь, вызваны дисрегуляцией сигнальных путей рецептивности эндометрия, которая наблюдается при эндометриозе [3, 8].

Причинная связь между эндометриозом и бесплодием была подтверждена результатами ряда рандомизированных клинических исследований (РКИ), проведенных на основании принципов доказательной медицины. Так, в крупном когортном исследовании, в которое были включены женщины моложе 35 лет, было показано, что при наличии эндометриоза риск бесплодия в два раза выше, чем у женщин без признаков заболевания [9]. Ежемесячный коэффициент рождаемости у пациенток с эндометриозом составил 2–10% по сравнению с 15–20% у здоровых женщин, при этом было показано, что уровень данного показателя обратно пропорционален тяжести эндометриоза. При легком эндометриозе зачатие без каких-либо вмешательств возможно примерно в 50% случаев, при эндометриозе средней тяжести — в 25% случаев, при тяжелой форме заболевания спонтанное зачатие происходит в единичных случаях [10].

В ряде исследований показано, что поражение тканей яичников при эндометриозе негативно сказывается на их функции, нарушает работу естественных репродуктивных механизмов [4, 11–13]. Установлено, что эндометриоз и ассоциированные с ним структурные изменения коры яичников снижают ОР [14, 15]. Предложено несколько потенциальных механизмов повреждения тканей яичников при этом заболевании. Так, показано, что растущая эндометриальная киста яичника (ЭКЯ) может механически повреждать его ткань, в том числе фолликулы; кроме того, кисты нарушают микроциркуляцию в органе за счет сдавления окружающей коры яичников [5].

Предполагается также, что важную роль в повреждении ткани яичников играет воспалительная реакция при эндометриозе. Кистозная жидкость в больших концентрациях содержит токсические вещества, в частности, активные формы кислорода (АФК), протеолитические ферменты и свободное железо [12, 15]. В экспериментальных моделях было показано, что со-

держимое ЭКЯ негативно влияет на рост фолликулов [5]. Продемонстрировано, что неблагоприятные эффекты в отношении прилежащих к очагам эндометриоза тканей обусловлено изменениями экспрессии цитокинов, снижением уровней тестостерона и антимюллерова гормона (АМГ), а также нарушениями липидного и белкового обмена в ткани яичника [2, 12].

Продемонстрировано, что стресс, вызванный АФК, вызывает апоптоз яйцеклеток и некроз фолликулов на ранних стадиях их развития. Более того, АФК вместе с трансформирующим фактором роста бета индуцируют фиброз тканей, сопровождающийся утратой фолликулов. Хронический фиброз вызывает прогрессирующее снижение фолликулярного резерва яичников и качества яйцеклеток [13–15].

В ряде РКИ продемонстрировано отрицательное влияние эндометриоза на ОР [10, 16–18]. Для анализа взаимосвязи между резервом яичников и тяжестью эндометриоза используется система American Society for Reproductive Medicine (ASRM), согласно которой заболевание подразделяется на 4 категории: минимальную (стадия I), легкую (II), среднюю (III) и тяжелую (IV).

Almog B. et al. (2011) показали, что в яичнике с неоперированными эндометриозами значение показателя количества антральных фолликулов ниже, чем в контралатеральном здоровом яичнике, чего не наблюдается при других доброкачественных кистах яичников [16]. Kim J.Y. et al. (2013) сравнили две группы сопоставимых по возрастному составу и индексу массы тела женщин, которым выполнялись резекции эндометриом либо зрелых кистозных тератом яичников. Было показано, что сывороточная концентрация АМГ у женщин с тяжелым эндометриозом (IV степень по ASRM) значительно ниже, чем у женщин с тератомами [19].

Kasapoglu I. et al. (2018) оценивали, носит ли снижение ОР, обусловленное эндометриозом, прогрессирующий характер, сопоставив в своей работе скорость этого процесса с естественным снижением исследуемого показателя. Было показано, что концентрации АМГ, являющегося маркером уровня ОР, при эндометриозе снижаются быстрее, чем в контрольной группе женщин (без эндометриоза) [17].

На сегодняшний день **лечение бесплодия**, ассоциированного с эндометриальными кистами яичников (ЭКЯ), включает выжидательную тактику, хирургическое удаление кист и применение ВРТ, в частности, экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) [20, 21]. Медикаментозное лечение не играет существенной роли в терапии бесплодия, однако может применяться перед планируемым ЭКО с целью улучшения его исходов.

Несмотря на то, что риск снижения ОР в результате операции по удалению эндометриомы, очевидно, превышает таковой при дренировании или абляции кисты, обобщение данных ряда РКИ в рамках Кокрановского обзора показало, что удаление эндометриомы ассоциируется с повышением шансов наступления беременности в естественном цикле и снижением частоты рецидивов ЭКЯ [22]. В то же время до настоящего времени не доказано, что наличие ЭКЯ связано напрямую с высоким риском бесплодия. В доступной литературе практически отсутствуют сведения о результатах РКИ по сравнительной оценке эффективности оперативного лечения ЭКЯ и выжидательной тактики у этого контингента пациенток с бесплодием, планирующих ЭКО. Нет четких данных о том, что хирургическое удаление ЭКЯ оказывает негативное влияние на ОР: наряду с его снижением после хирургического лечения показано и частичное восстановление уровня ОР после выполненной операции [19, 20, 22].

У пациенток с тяжелым эндометриозом (стадии III и IV по классификации ASRM) коэффициент рождаемости, вероятность клинической беременности и среднее количество яйцеклеток, получаемое в течение цикла фертилизации *in vitro* существенно ниже, чем у женщин без эндометриоза [18]. Показано, что индукция овуляции в сочетании с внутриматочной инсеминацией достоверно повышает риск рецидива тазовой боли и прогрессирования заболевания, поэтому фертилизация *in vitro* является наиболее предпочтительным методом лечения бесплодия при эндометриозе.

Хирургические вмешательства при эндометриозе выполняются лапароскопически и лапаротомически, а также с применением методов роботизированной хирургии. Лапароскопический доступ обладает рядом преимуществ, к которым относится более короткий период реабилитации и низкая стоимость лечения. В то же время хирургическое лечение эндометриоза, как отмечено выше, сопровождается риском повреждения яичников, в связи с чем предлагаются методы минимизации повреждения тканей при выполнении вмешательства, в частности, метод «стриппинга» (вылущивание ЭКЯ), который тем не менее может приводить к повреждению непораженных тканей яичника [23].

Электрокоагуляция паренхимы яичников после удаления стенки кисты может приводить к термическому повреждению ткани органа, в результате чего происходит снижение концентрации АМГ. Повреждение тканей яичника может затрагивать сосудистые структуры, нарушая микроциркуляцию. К факторам, снижающим функцию яичников в течение первой недели после различных видов хирургических вмешательств, относятся

воспаление, отек и ишемия. Наблюдаемое впоследствии долгосрочное прогрессивное снижение ОР связывают с нарушениями васкуляризации ткани яичника [24].

Raffi F. et al. (2012) проанализировали результаты 8 проспективных исследований и установили, что уровень АМГ после оперативного вмешательства значительно снизился (в среднем на 38%). При односторонней резекции эндометриомы уровень АМГ уменьшался на 30%, при билатеральной резекции — на 44% [25]. Somigliana E. et al. (2012) проанализировали результаты 11 исследований, в 9 из которых авторы сообщили о значительном снижении концентрации АМГ после удаления ЭКЯ [26].

Показано, что при лечении минимального или легкого эндометриоза (степени I и II по ASRM) применение лапароскопических вмешательств с выполнением резекции или абляции эндометриоидных очагов способствует увеличению вероятности спонтанной беременности и живорождения по сравнению с использованием выжидательной тактики лечения [25].

При сравнении методов лапароскопического лечения эндометриом яичников размером более 3–4 см было выявлено, что резекция кисты превосходит по эффективности дренирование и абляцию ЭКЯ в отношении вероятности возникновения спонтанной беременности у субфертильных пациенток [23, 24].

В ряде исследования показано, что у женщин с эндометриозом и бесплодием кумулятивная вероятность беременности через 3 года после хирургического вмешательства составила 47%, при этом вероятность беременности не зависела от стадии заболевания по ASRM. Отмечают, что частота спонтанной беременности после хирургического лечения значительно выше, чем при выжидательной тактике, при умеренном эндометриозе и тяжелом эндометриозе [27, 28]. С учетом этих результатов хирургическое лечение данной категории пациенток следует рассматривать в качестве альтернативы использованию консервативной тактики. В то же время в подобных случаях необходимо учитывать вероятность послеоперационного снижения функции яичников и информировать об этом пациенток.

Установлено, что использование биполярной коагуляции для гемостаза после резекции эндометриомы яичника снижает ОР яичника в большей степени, чем применение гемостатических швов и герметиков. Таким образом, при выполнении операции следует стремиться к минимизации термического поражения, обусловленного применением вышеуказанного метода [29].

При выполнении лапароскопического вмешательства следует проводить тканесберегающие операции, целью которых является сохранение ОР. Так, Donpez J. et al. (2010) предложили метод, который заключается в удалении части кисты яичника, расположенной дальше всего от ворот органа, путем традиционной резекции ЭКЯ, оставшиеся 10–20% стенки эндометриомы удаляются с помощью воздействия энергии углекислотного лазера [23].

В целом следует отметить, что к настоящему времени отсутствуют однозначные свидетельства о превосходстве того или иного метода лечения бесплодия при эндометриозе. Для минимизации негативного влияния традиционного «стриппинга» были предложены двух- и трехэтапные варианты вмешательства, в ходе которых на первом этапе выполняется дренирование кистозной жидкости, ирригация и биопсия, затем на протяжении 3 месяцев пациентка получает агонист гонадотропин-рилизинг гормона для подавления очага эндометриоза. При этом диаметр кисты уменьшается примерно на 50%. Через 3 месяца выполняется вторая операция, в ходе которой происходит удаление стенки кисты с помощью углекислотного лазера [27].

Полученные данные свидетельствуют, что использование многоэтапного подхода позволяет избежать удаления нормальной ткани яичника и минимизировать термическое поражение за счет использования энергии лазерного излучения, благодаря чему обеспечивается сохранение ОР яичников [30].

Применение вспомогательных репродуктивных технологий в лечении бесплодия при эндометриозе

Внутриматочная инсеминация (ВМИ) является относительно простой процедурой по сравнению с ЭКО, ее эффективность была продемонстрирована в многочисленных исследованиях, в которые были включены пары, в которых у женщин был минимальный и легкий эндометриоз, у партнеров — нормальное качество спермы. Полагают, что у пациенток с эндометриозом I и II стадий по ASRM контролируемая стимуляция яичников (с помощью кломифена цитрата или гонадотропинов) в сочетании с ВМИ может рассматриваться в качестве альтернативы проведению только ВМИ, ЭКО или дальнейшего хирургического лечения [31].

Выполнение резекции ЭКЯ при лечении бесплодия в отличие от абляции сопровождается повышением фолликулярного ответа яичников на стимуляцию гонадотропинами. В то же время данные, однозначно подтверждающие превосходство резекции ЭКЯ

по сравнению с абляцией в отношении вероятности беременности после последующих ВМИ и стимуляции яичников, отсутствуют. Необходимо отметить, что ВМИ, как правило, не выполняется при среднем и тяжелом эндометриозе в связи с высоким риском спаечного процесса и поражения фаллопиевых труб. В таких случаях следует рассмотреть возможность выполнения ЭКО.

Как отмечено выше, эндометриоз яичников сопровождается снижением ОР, в связи с чем ответ на стимуляцию гонадотропинами при данной патологии может быть снижен. Показано, что у женщин с односторонними эндометриомами яичников наблюдается снижение ответа на контролируемую гиперстимуляцию, выполняемую в рамках цикла ЭКО [26]. Ответ яичников в значительной степени зависел от размера и количества эндометриом. В то же время, по результатам ретроспективного анализа, выполненного Esinler I. et al. (2012), было показано, что в циклах ЭКО у пациенток с односторонними эндометриомами количество антральных фолликулов и общее количество полученных ооцитов были такими же, как у женщин без признаков эндометриоза. При этом не отмечено зависимости между размерами и количеством эндометриом, с одной стороны, и количеством полученных ооцитов, с другой [32].

По данным мета-анализа Hamdan M. et al. (2015), было показано, что вероятность возникновения беременности у пациенток с эндометриозом в результате ЭКО без хирургического вмешательства была такой же, как у женщин без эндометриоза, однако среднее количество полученных ооцитов у пациенток с наличием признаков заболевания ниже, а вероятность прекращения цикла была значительно выше, чем у здоровых пациенток [18].

В некоторых работах было показано, что резекция эндометриомы не оказывает отрицательного влияния на их ответ при выполнении циклов ЭКО. Benaglia L. et al. (2011) представили результаты исследования, в которое были включены 93 женщины, которым выполнялась резекция односторонней эндометриомы. У 12 пациенток, принявших участие в исследовании, в оперированном яичнике полностью отсутствовал фолликулярный рост, однако в контралатеральном яичнике процессы фолликулообразования оставались без изменений [33].

Hong S. et al. (2017) установили, что эффективность применения ВРТ у женщин со сниженным ОР была сходной как после выполнения им резекции эндометриомы, так и при отсутствии хирургических вмешательств в анамнезе. В группах этих пациенток не различались

показатели ОР, частоты беременности и живорождения [34].

Очевидно, что при минимальном или легком эндометриозе и вызванном им бесплодии следует рассматривать возможность хирургического лечения и выполнения последующей ВМИ. При средней тяжести и тяжелом эндометриозе хирургическое лечение может приводить к снижению ОР яичников и негативно повлиять на результаты последующего ЭКО [22]. Перед принятием решения о необходимости хирургического лечения эндометриоза у пациенток репродуктивного возраста следует оценивать ОР, а также измерять уровень АМГ минимум через 3 месяца после операции для определения дальнейшей тактики лечения.

Заключение

Анализ данных литературы свидетельствует, что лечение бесплодия, связанного с эндометриозом, является сложной и неоднозначной задачей, поскольку заболевание оказывает негативное влияние на фертильность за счет различных механизмов, важнейшим из которых является снижение ОР яичников. При этом наблюдаемые изменения могут связаны как с опосредованным влиянием различных патогенетических

механизмов эндометриоза на уровень ОР, так и с непосредственным воздействием хирургического вмешательства на ткань яичников у данной категории пациенток.

Медикаментозная терапия эндометриоза практически не влияет на бесплодие, в то время как данных, достоверно подтверждающих оправданность хирургического вмешательства при бесплодии, ассоциированном с эндометриозом, в настоящее время недостаточно. Внутриматочная инсеминация является методом первой линии после хирургического лечения минимального или легкого эндометриоза в связи с относительной простотой ее выполнения. Для пациенток с тяжелым эндометриозом, возможно, наиболее эффективным представляется использование методов экстракорпорального оплодотворения.

С целью совершенствования подходов к лечению эндометриоза и ассоциированного с ним бесплодия актуальным представляется дальнейшее изучение патогенеза инфертильности при этом заболевании, результаты этих исследований будут способствовать углублению понимания патофизиологии эндометриоза и разработке перспективных подходов к лечению бесплодия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян Л.В., Арсланян К.Н., Сонова М.М. и др. Современные тенденции в хирургическом лечении инфильтративных форм эндометриоза. Проблемы репродукции. 2019; 25 (5): 36–41.
2. Gruber TM, Mechsner S. Pathogenesis of Endometriosis: The Origin of Pain and Subfertility. *Cells*. 2021 Jun 3;10(6):1381. doi: 10.3390/cells10061381.
3. Tanbo T, Fedorcsak P. Endometriosis-associated infertility: aspects of pathophysiological mechanisms and treatment options. *Acta Obstet. Gynecol. Scand*. 2017; 96: 659–667.
4. Bulun S.E., Yilmaz B.D., Sison C. Endometriosis. *Endocrine Reviews*. 2019; 40(4): 1048–1079.
5. Lee D, Kim SK, Lee JR, Jee BC. Management of endometriosis-related infertility: Considerations and treatment options. *Clin Exp Reprod Med*. 2020 Mar;47(1):1–11. doi: 10.5653/cepm.2019.02971.
6. Boujenah J, Salakos E, Pinto M. et al. Endometriosis and uterine malformations: infertility may increase severity of endometriosis. *Acta Obstet. Gynecol. Scand*. 2017; 96 (6): 702–706.
7. Tomassetti C., D'Hooghe T. Endometriosis and infertility: insights into the causal link and management strategies. *Best. Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol*. 2018; 51: 25–33.
8. Filip L., Duică F., Prădatu A. et al. Endometriosis Associated Infertility: A Critical Review and Analysis on Etiopathogenesis and Therapeutic Approaches. *Medicina (Kaunas)*. 2020 Sep 9;56(9):460. doi: 10.3390/medicina56090460.
9. Malvezzi H., Marengo E.B., Podgaec S., Piccinato C.A. Endometriosis: current challenges in modeling a multifactorial disease of unknown etiology. *J. Transl. Med*. 2020; 18(1): 311. doi: 10.1186/s12967-020-02471-0.
10. Prescott J., Farland L.V., Tobias D.K. et al. A prospective cohort study of endometriosis and subsequent risk of infertility. *Hum. Reprod*. 2016; 31: 1475–1482.
11. Llarena N.C., Falcone T., Flyckt R.L. Fertility Preservation in Women With Endometriosis. *Clin. Med. Insights Reprod. Health*. 2019; 13:1179558119873386. doi: 10.1177/1179558119873386.
12. Matsuzaki S., Schubert B. Oxidative stress status in normal ovarian cortex surrounding ovarian endometriosis. *Fertil. Steril*. 2010; 93: 2431–2432.
13. Kimber-Trojnar Ž., Pilszyk A., Niebrzydowska M. et al. The Potential of Non-Invasive Biomarkers for Early Diagnosis of Asymptomatic Patients with Endometriosis. *J. Clin. Med*. 2021; 10 (13): 2762. doi: 10.3390/jcm10132762
14. Wang L., Tang J., Wang L. et al. Oxidative stress in oocyte aging and female reproduction. *J. Cell Physiol*. 2021; Jun 14. doi: 10.1002/jcp.30468.
15. Sanchez A.M., Pagliardini L., Cermisoni G.C. et al. Does Endometriosis Influence the Embryo Quality and/or Development? Insights from a Large Retrospective Matched Cohort Study. *Diagnostics (Basel)*. 2020; 10 (2): 83.

16. Almog B., Shehata F., Sheizaf B. et al. Effects of ovarian endometrioma on the number of oocytes retrieved for in vitro fertilization. *Fertil. Steril.* 2011; 95: 525–527.
17. Kasapoglu I., Ata B., Uyaniklar O. et al. Endometrioma-related reduction in ovarian reserve (ERROR): a prospective longitudinal study. *Fertil. Steril.* 2018; 110: 122–127.
18. Hamdan M., Omar S.Z., Dunselman G., Cheong Y. Influence of endometriosis on assisted reproductive technology outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Obstet. Gynecol.* 2015; 125 (1): 79–88.
19. Kim J.Y., Jee B.C., Suh C.S., Kim S.H. Preoperative serum anti-Mullerian hormone level in women with ovarian endometrioma and mature cystic teratoma. *Yonsei Med. J.* 2013; 54: 921–926.
20. de Ziegler D., Pirtea P., Carbone M. et al. Assisted reproduction in endometriosis. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 2019; 3 (1): 47–59.
21. Oliveira R., Adami F., Mafra F.A. et al. Causes of endometriosis and prevalent infertility in patients undergoing laparoscopy without achieving pregnancy. *Minerva Ginecol.* 2016; 68 (3): 250–258.
22. Dunselman G.A., Vermeulen N., Becker C. et al. ESHRE guideline: management of women with endometriosis. *Hum. Reprod.* 2014; 29: 400–412.
23. Donnez J., Lousse J.C., Jadoul P. et al. Laparoscopic management of endometriomas using a combined technique of excisional (cystectomy) and ablative surgery. *Fertil. Steril.* 2010; 94: 28–32.
24. Duffy J.M., Arambage K., Correa F.J. et al. Laparoscopic surgery for endometriosis. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2014;(4): CD011031.
25. Raffi F., Metwally M., Amer S. The impact of excision of ovarian endometrioma on ovarian reserve: a systematic review and meta-analysis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2012; 97: 3146–3154.
26. Somigliana E., Benaglia L., Paffoni A. et al. Risks of conservative management in women with ovarian endometriomas undergoing IVF. *Hum. Reprod. Update.* 2015; 21: 486–499.
27. Jadoul P., Kitajima M., Donnez O. et al. Surgical treatment of ovarian endometriomas: state of the art? *Fertil. Steril.* 2012; 98: 556–563.
28. Goldberg J.M., Falcone T., Diamond M.P. Current controversies in tubal disease, endometriosis, and pelvic adhesion. *Fertil. Steril.* 2019; 112(3):417–425. doi: 10.1016/j.fertnstert.2019.06.021.
29. Ata B., Turkgeldi E., Seyhan A., Urman B. Effect of hemostatic method on ovarian reserve following laparoscopic endometrioma excision: comparison of suture, hemostatic sealant, and bipolar desiccation: a systematic review and meta-analysis. *J. Minim. Invasive Gynecol.* 2015; 22: 363–372.
30. Tsolakidis D., Pados G., Vavilis D. et al. The impact on ovarian reserve after laparoscopic ovarian cystectomy versus three-stage management in patients with endometriomas: a prospective randomized study. *Fertil. Steril.* 2010; 94: 71–77.
31. Jeon Y.E., Jung J.A., Kim H.Y. et al. Predictive factors for pregnancy during the first four intrauterine insemination cycles using gonadotropin. *Gynecol. Endocrinol.* 2013; 29: 834–838.
32. Esinler I., Bozdag G., Arkan I. et al. Endometrioma ≤ 3 cm in diameter per se does not affect ovarian reserve in intracytoplasmic sperm injection cycles. *Gynecol. Obstet. Invest.* 2012; 74: 261–264.
33. Benaglia L., Somigliana E., Santi G. et al. IVF and endometriosis-related symptom progression: insights from a prospective study. *Hum. Reprod.* 2011; 26: 368–372.
34. Hong S.B., Lee N.R., Kim S.K. et al. In vitro fertilization outcomes in women with surgery induced diminished ovarian reserve after endometrioma operation: comparison with diminished ovarian reserve without ovarian surgery. *Obstet. Gynecol. Sci.* 2017; 60: 63–68.

ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИНГИБИТОРОВ НАТРИЙ-ГЛЮКОЗНОГО КОТРАНСПОРТЕРА 2 (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

ANTI-INFLAMMATORY EFFECT OF SODIUM-GLUCOSE COTRANSPORTER-2 INHIBITORS (LITERATURE REVIEW)

**О. Kolesnikov
А. Kolesnikova
Yu. Tarabrina**

Summary. Sodium-glucose cotransporter type 2 inhibitors are a new class of antidiabetic drugs. These compounds inhibit the activity of the NLRP3 inflammasome. They also reduce the functional activity of immune system cells and the production of pro-inflammatory cytokines (TNF, IL-1, IL-6). These drugs reduce the expression of a number of genes associated with the development of inflammation. These effects indicate the presence of an anti-inflammatory effect in sodium-glucose cotransporter type 2 inhibitors.

Keywords: sodium-glucose cotransporter, inhibitor, inflammation, inflammasome, interleukin.

Колесников Олег Леонидович

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Минздрава России (г. Челябинск)
kaf-biol@mail.ru*

Колесникова Алла Алексеевна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Минздрава России (г. Челябинск)
olekol@mail.ru*

Тарабрина Юлия Олеговна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Минздрава России (г. Челябинск)
julikol@mail.ru*

Аннотация. Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 типа являются новым классом антидиабетических препаратов. Эти соединения ингибируют активность инфламмосомы NLRP3. Также они снижают функциональную активность клеток иммунной системы и выработку провоспалительных цитокинов (ФНО, ИЛ-1, ИЛ-6). Указанные препараты снижают экспрессию ряда генов, связанных с развитием воспаления. Перечисленные эффекты свидетельствуют о наличии противовоспалительного действия у ингибиторов натрий-глюкозного котранспортера 2 типа.

Ключевые слова: натрий-глюкозный котранспортер, ингибитор, воспаление, инфламмосома, интерлейкин.

Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 типа (ИНГК2) являются новым классом противодиабетических препаратов, которые применяются в лечении сахарного диабета 2 типа (СД2) [1].

Современный образ жизни и избыток питательных веществ вызывают состояние системного хронического воспаления, которое приводит к увеличению выработки и секреции воспалительных цитокинов, способствующих развитию СД2. Хроническая гипергликемия и хроническое воспаление низкой интенсивности лежат в основе развития микро- и макрососудистых осложнений при СД2, приводящих к повреждению глаз, сосудистой системы, сердца, нервов и почек [2]. Воспаление является одним из важных механизмов, вовлеченных в развитие диабетической кардиомиопатии и в поражении сердца другой этиологии. Можно сказать, что сердечная недостаточность и воспаление связаны и взаимно усиливают друг друга, создавая «порочный круг» [3]. В связи с этим данное сообще-

ние посвящено противовоспалительным эффектам ИНГК2.

Влияние на инфламмосому NLRP3

Инфламмосома — это специфический комплекс белков, расположенный в цитоплазме клетки. Инфламмосома необходима для активации каспазы-1. Этот фермент обеспечивает протеолиз и, соответственно, активацию ряда цитокинов. В частности, это относится к интерлейкину-1 (ИЛ-1) и ИЛ-18. Обычно, в инфламмосому входят: один из вариантов белка NLR (NOD-подобные рецепторы), белок ASC (белок с доменом активации каспазы) и, собственно, каспаза-1. Особо часто исследуется инфламмосома NLRP3, которая может активироваться самыми разнообразными агентами. Она содержит белок NLRP3 (nucleotide-binding oligomerization domain-like receptor with a pyrin domain 3 — рецептор, подобный домену связывания нуклеотида и олигомеризации с пириновым доменом 3). Было показано, что активация

ция инфламмасом может вызвать развитие быстрой воспалительной гибели клеток (пироптоза). При пироптозе отмечается фрагментация ДНК, набухание клетки, разрыв мембран, то есть элементы, отмечающиеся при некрозе и апоптозе [4, 5, 6]. Активация инфламмасы NLRP3 способствует развитию хронического воспаления при сердечной недостаточности и увеличивает его тяжесть [7].

У мышей с экспериментальным СД в печени экспрессия белков, входящих в инфламмасому NLRP3: NLRP3, каспаза-1, ИЛ-1 β и ИЛ-18 возросла, что свидетельствует об активации инфламмасы NLRP3. Применение ИНГК2 дапаглифлозина на фоне СД вызвало достоверное снижение экспрессии всех указанных белков, что указывает на подавление активности инфламмасы NLRP3 и снижение секреции в печени провоспалительных цитокинов [8].

Ye Y. и соавт. (2017) изучали мышей с СД2 (линия BTBR ob/ob) и обычных мышей (WT). Животные получали дапаглифлозин в течение 8 недель. Показано, что в сердце мышей с СД2 достоверно выше, чем у мышей WT уровень следующих мРНК: NALP3, ASC, ИЛ-1 β , ИЛ-6, каспаза-1 и ФНО- α . Это свидетельствует о наличии воспаления. Дапаглифлозин достоверно снижал уровни этих мРНК. СД2 обеспечивал повышение уровня белков (NLRP3, ФНО- α и каспаза-1) в сердце. Дапаглифлозин достоверно снижал содержание этих белков. Авторы делают вывод, что ИНГК2 препятствуют активации инфламмасы NLRP3 [9].

Аналогичные данные были получены Benetti E. и соавт. (2016), которые содержали мышей линии C57BL/6 на диете с высоким содержанием жира и сахара. Отдельные подгруппы животных получали ИНГК2 эмпаглифлозин. Отмечали связанную с диетой активацию инфламмасы NLRP-3 в почках и печени. Этот эффект достоверно ослаблялся ИНГК2 [10].

Влияние ИНГК2 на клетки иммунной системы

Мыши линии db/db (модель СД2) получали селективный ИНГК2 JNJ 39933673. В почках отмечено снижение количества активированных макрофагов, несущих маркер CD68. [11]. Xu L. и соавт. (2017) содержали мышей линии C57BL/6 на диете с высоким содержанием жира. ИНГК2 эмпаглифлозин предотвращал накопление в печени и белой жировой ткани макрофагов с воспалительным фенотипом M-1, индуцируя противовоспалительный фенотип макрофагов M-2. [12]. Другие исследователи также использовали диету с высоким содержанием жира и вызывали СД с помощью стрептозоцина. Экспериментальный СД значительно (более

чем в 1000 раз) увеличивал содержание моноцитов/макрофагов в печени, что свидетельствует о развитии воспаления. ИНГК2 дапаглифлозин снижал инфильтрацию печени макрофагами у мышей с СД примерно в 1.6 раза [8].

В работе Mancini S.J. (2018) изучалась линия про-моноцитарных клеток U937. Известно, что АМФ-стимулируемая киназа (АМФК) обладает противовоспалительным действием. Инкубация клеток с ИНГК2 канаглифлозином активировала АМФК и ингибировала ИЛ-1 β -стимулированную адгезию про-моноцитарных клеток U937 и секрецию ИЛ-6 и моноцитарного хемоаттрактантного белка-1 (MCP-1) [13].

Макрофаги линии RAW 264.7 обрабатывали липополисахаридом (ЛПС) и инкубировали в среде, содержащей ИНГК2 эмпаглифлозин. ЛПС вызывал активацию макрофагов: возросла доля клеток CD80+ (это характерно для воспалительного фенотипа M1), возросли уровни мРНК ФНО- α , ИЛ-1 β , ИЛ-6. При инкубации с эмпаглифлозином было отмечено достоверно снижение всех этих показателей. Таким образом, ИНГК2 подавлял реакцию макрофагов на ЛПС [14]. В другом исследовании эмпаглифлозин также ослаблял экспрессию ФНО- α и индуцированной NO-синтазы в культурах кардиомиоцитов и макрофагов, обработанных ЛПС [15].

Влияние ИНГК2 на выработку цитокинов

В развитии воспаления важную роль играют про-воспалительные и противовоспалительные цитокины. У мышей, получавших ЛПС, ИНГК2 эмпаглифлозин снижал уровень ФНО- α в плазме крови [15]. Эмпаглифлозин также снижал содержание ФНО- α в плазме у мышей линии C57BL/6, которых содержали на диете с высоким содержанием жира [12].

Индукция СД у мышей с помощью стрептозоцина вызывала достоверное повышение уровней ИЛ-1 β и ИЛ-18 в плазме из-за формирования воспаления. ИНГК2 дапаглифлозин при введении мышам с СД статистически значимо уменьшал содержание ИЛ-1 β и ИЛ-18, что указывает на противовоспалительное действие ИНГК2 [8].

У больных СД ИНГК2 также уменьшали выработку про-воспалительных цитокинов. Так, пациенты с СД2 получали ИНГК2 канаглифлозин в течение 52 недель. По сравнению с глимепиридом, канаглифлозин достоверно уменьшал в плазме содержание рецептора 1 ФНО (на 9,2%) и ИЛ-6 (на 26,6%) [16]. Уровень ИЛ-6 снижался у больных СД2 на 22% после лечения канаглифлозином независимо от изменений гликированного гемоглобина, веса и липи-

дов [17]. У лиц, страдающих СД2, которые получали ИНГК2 дапаглифлозин в течение 6 недель, статистически значимо на 23,5% снижалась экскрецию ИЛ-6 [18].

В супернатантах культуры макрофагов линии RAW 264.7 после обработки ЛПС повышались уровни провоспалительных цитокинов: ФНО- α , ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИНФ- γ . После обработки эмпаглифлозином уровни цитокинов достоверно и резко снизились (от 2 до 9 раз) [14].

Механизмы противовоспалительного действия ИНГК2

Вопрос о механизмах противовоспалительных эффектов изучался многими учеными.

Pirklbauer M. и соавт. (2020) исследовали две линии человеческих клеток проксимальных канальцев почек, которые инкубировали в нормогликемических условиях. Обнаружили, что ИЛ-1 β усиливал экспрессию 259 генов, а ИНГК2 эмпаглифлозин подавлял их экспрессию. ИЛ-1 β повышал экспрессию мРНК гена моноцитарного хемотаксического белка 1 (MCP-1) в 15–19 раз, а мРНК гена эндотелина 1 в 3–8 раз соответственно. Эмпаглифлозин подавлял экспрессию генов MCP-1 (в 0,5–0,6 раза) и эндотелина 1 (в 0,3–0,2 раза). Следовательно, отмечено подавление стимулирующего клетки действия цитокина [19]. Также показано, что в культурах человеческих клеток тубулярных канальцев в нормогликемических условиях при стимуляции ИЛ-1 β эмпаглифлозин снижал экспрессию 19 генов, связанных с формированием воспалительного ответа, в том числе CXCL8/IL8, LOX, NOV, PTX3 и SGK1 [20].

Снижение экспрессии генов было описано и при использовании животных. У мышей линии db/db, получавших селективный ИНГК2 JNJ 39933673 в клетках почек уменьшалось содержание мРНК следующих генов, связанных с воспалением: p65 (субчастица фактора транскрипции NF- κ B), толл-подобного рецептора 4 (TLR4) и MCP-1 [11].

В макрофагах линии RAW 264.7 под влиянием ЛПС росли уровни мРНК таких хемокинов, как CCL3, CCL4, CCL5 и CXCL10. ИНГК2 эмпаглифлозин значительно и достоверно уменьшал содержание указанных мРНК в клетках [14].

Активация макрофагов происходит с помощью различных сигнальных путей. Эмпаглифлозин уменьшал фосфорилирование таких факторов транскрипции как NF- κ B, STAT. Кроме того, снижалось фосфорилирование киназ, входящих в цепочку MAPK (JNK, MKK4 и MKK7). Сделан вывод, что ИНГК2 блокируют функционирова-

ние следующих сигнальных путей: NF- κ B, STAT и MAPK [14].

Исследованы также биохимические механизмы действия ИНГК2.

Фермент гексокиназа 2 обеспечивает превращение глюкозы в глюкозо-6- фосфат и приводит к увеличению поступления энергии за счет гликолиза. Повышенная экспрессия и активность гексокиназы и активация гликолиза наблюдаются при воспалении [21, 22]. Блокирование функций гексокиназы 2 ослабляет признаки воспаления [23].

Uthman L. и соавт. (2020) изучали культуру клеток эндотелия человеческой коронарной артерии. Клетки стимулировали ЛПС и обрабатывали ИНГК2 канаглифлозином. Было обнаружено, что канаглифлозин подавлял экспрессию гексокиназы 2. Причем это действие наблюдалось как без использования ЛПС, так и после обработки клеток ЛПС (уровень фермента значимо снижался в 1.3 раза и 1.24 раза, соответственно) [24].

В работе Komiya C. и соавт (2016) изучали мышей, находившихся на высокожировой диете. Авторы показали, что применение ИНГК2 ипраглифлозина в течение 4 недель вызывало статистически достоверное увеличение уровня β -гидроксибутирата у животных с $1,64 \pm 0,12$ мМоль/л до $2,42 \pm 0,09$ мМоль/л [25]. В другом исследовании обнаружено, что β -гидроксибутират отменяет воспалительные реакции в макрофагах человека, ингибируя инфламмасому NLRP3 [26].

Ishibashi Y. и соавт. (2016) изучали культуру человеческих клеток проксимальных канальцев почек в присутствии высоких концентраций глюкозы. Глюкоза в концентрации 30мМ индуцировала развитие оксидативного стресса. ИНГК2 тофоглифлозин подавлял как поступление глюкозы в клетки, так и развитие оксидативного стресса. Инкубация в среде с высоким содержанием глюкозы вызывала апоптотическую гибель клеток. Тофоглифлозин также блокировал этот процесс [27].

Заключение

Представленные данные наглядно демонстрируют наличие противовоспалительного действия у ИНГК2. Эти эффекты проявлялись на различных уровнях: активность иммунокомпетентных клеток, выработка цитокинов, активация инфламмасом. Антивоспалительные воздействия ИНГК2 могут благотворно влиять на инсулинорезистентность и снижать вероятность поражения сердца и почек.

Важно отметить, что ИНГК2 проявляют способность подавлять воспалительные процессы как в условиях СД, ожирения, *in vitro* при повышенных уровнях глюкозы, так и в условиях нормогликемии.

Например, Мааyah Z. H. и соавт. (2021) использовали обычных мышей, которые в течение трех дней получали ИНГК2 эмпаглифлозин. Затем животным вводили

ЛПС для индукции септического шока. Показано, что эмпаглифлозин достоверно улучшал выживаемость мышей. Авторы считают, что ИНГК2 достоверно снижал выраженность системного и почечного воспаления [28]. Наличие способности подавлять воспаление при нормогликемии позволяет рассматривать ИНГК2 как возможный источник разработки нового класса противовоспалительных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Scheen A. J. Sodium-glucose cotransporter type 2 inhibitors for the treatment of type 2 diabetes mellitus / A. J. Scheen // *Nat. Rev. Endocrinol.* 2020. Vol. 16, N10. P. 556–577. DOI: 10.1038/s41574-020-0392-2.
2. Brennan E. P. Specialized pro-resolving mediators in diabetes: novel therapeutic strategies / E. P. Brennan, M. Mohan, D. Andrews [et al.] // *Clinical Science.* — 2019. — Vol. 133, Is. 21. — P. 2121–2141. DOI: 10.1042/CS20190067.
3. Van Linthout S. Inflammation — Cause or Consequence of Heart Failure or Both? / S. Van Linthout, C. Tschöpe // *Curr. Heart Fail. Rep.* — 2017. — Vol. 14. — P. 251–265. DOI: 10.1007/s11897-017-0337-9.
4. Пирожков С. В. Инфламмосомные болезни / С. В. Пирожков, П. Ф. Литвицкий // *Иммунология.* — 2018. — Т. 39, Т 2–3. — С. 158–165. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0206-4952-2018-39-2-3-158-165>.
5. Гаранина Е. Е. Инфламмосомы: роль в патогенезе заболеваний и терапевтический потенциал / Е. Е. Гаранина, Е. В. Мартынова, К. Я. Иванов [и др.] // *Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки.* — 2020. — Т. 162, Кн. 1. — С. 80–111. DOI: 10.26907/25907/2542-064X.2020.1.80-111.
6. Кувачева Н. В. Формирование инфламмосом: новые механизмы регуляции межклеточных взаимодействий и секреторной активности клеток / Н. В. Кувачева, А. В. Моргун, Е. Д. Хилажева [и др.] // *Сибирское медицинское обозрение.* — 2013. — Т. 5. — С. 3–10.
7. Butts B. The importance of NLRP3 inflammasome in heart failure / B. Butts, R. A. Gary, S. B. Dunbar, J. Butler // *J. Card. Fail.* — 2015. — Vol. 21. — P. 586–593.
8. Leng W. The SGLT2 inhibitor dapagliflozin attenuates the activity of ROS-NLRP3 inflammasome axis in steatohepatitis with diabetes mellitus / W. Leng, M. Wu, H. Pan [et al.] // *Ann. Transl. Med.* — 2019. — Vol. 7, N18. — Article ID:429. DOI: 10.21037/atm.2019.09.03.
9. Ye Y. SGLT-2 Inhibition with Dapagliflozin Reduces the Activation of the Nlrp3/ASC Inflammasome and Attenuates the Development of Diabetic Cardiomyopathy in Mice with Type 2 Diabetes. Further Augmentation of the Effects with Saxagliptin, a DPP4 Inhibitor / Y. Ye, M. Bajaj, H.-C. Yang [et al.] // *Cardiovasc. Drugs Ther.* — 2017. — Vol. 31, N2. — P. 119–132. DOI: 10.1007/s10557-017-6725-2.
10. Benetti E. Empagliflozin protects against diet-induced NLRP-3 inflammasome activation and lipid accumulation / E. Benetti, R. Mastrocola, G. Vitarelli [et al.] // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* — 2016. — Vol. 359, N1. — P. 45–53. DOI: 10.1124/jpet.116.235069.
11. Wang X. X. SGLT2 Protein Expression Is Increased in Human Diabetic Nephropathy: SGLT2 protein inhibition decreases renal lipid accumulation, inflammation, and the development of nephropathy in diabetic mice / X. X. Wang, J. Levi, Y. Luo, K. Myakala [et al.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5392679/> — FN1 // *J. Biol. Chem.* — 2017. — Vol. 292, N13. — P. 5335–5348. DOI: 10.1074/jbc.M117.779520
12. Xu L. SGLT2 Inhibition by Empagliflozin Promotes Fat Utilization and Browning and Attenuates Inflammation and Insulin Resistance by Polarizing M2 Macrophages in Diet-induced Obese Mice / L. Xu, N. Nagata, M. Nagashimada [et al.] // *EBioMedicine.* — 2017. — Vol. 20. — P. 137–149. DOI: 10.1016/j.ebiom.2017.05.028.
13. Mancini S. J. Canagliflozin inhibits interleukin-1beta-stimulated cytokine and chemokine secretion in vascular endothelial cells by AMP-activated protein kinase-dependent and -independent mechanisms / S. J. Mancini, D. Boyd, O. J. Katwan [et al.] // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8, N1. — Article ID: 5276. DOI: 10.1038/s41598-018-23420-4.
14. Lee N. Anti-inflammatory Effects of Empagliflozin and Gemigliptin on LPS-Stimulated Macrophage via the IKK/NF- κ B, MKK7/JNK, and JAK2/STAT1 Signalling Pathways / N. Lee, Y. J. Heo, S.-E. Choi [et al.] // *Journal of Immunology Research.* — 2021. — Vol. 2021. — Article ID9944880. <https://doi.org/10.1155/2021/9944880>.
15. Koyani C. N. Empagliflozin protects heart from inflammation and energy depletion via AMPK activation / C. N. Koyani, I. Plastira, H. Sourij [et al.] // *Pharmacol. Res.* — 2020. — Vol. 158. — Article ID: 104870. DOI: 10.1016/j.phrs.2020.104870.
16. Heerspink H. J. L. Canagliflozin reduces inflammation and fibrosis biomarkers: a potential mechanism of action for beneficial effects of SGLT2 inhibitors in diabetic kidney disease / H. J. L. Heerspink, P. Perco, S. Mulder [et al.] // *Diabetologia.* — 2019. — Vol. 62, N7. — P. 1154–1166. DOI: 10.1007/s00125-019-4859-4.
17. Garvey W. T. Effects of canagliflozin versus glimepiride on adipokines and inflammatory biomarkers in type 2 diabetes / W. T. Garvey, L. Van Gaal, L. A. Leiter [et al.] // *Metabolism.* — 2018. — Vol. 85. — P. 32–37. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.02.002.
18. Dekkers C. C. J. Effects of the SGLT-2 inhibitor dapagliflozin on glomerular and tubular injury markers Diabetes / C. C. J. Dekkers, S. Petrykiv, G. D. Laverman [et al.] // *Obes. Metab.* — 2018. — Vol. 20, N8. — P. 1988–1993. DOI: 10.1111/dom.13301.
19. Pirklbauer M. Empagliflozin Inhibits Basal and IL-1 β -Mediated MCP-1/CCL2 and Endothelin-1 Expression in Human Proximal Tubular Cells / M. Pirklbauer, M. Bernd, L. Fuchs [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* — 2020. — Vol. 21. — Article ID: 8189. DOI: 10.3390/ijms21218189.

20. Pirklbauer M. Empagliflozin Inhibits IL-1 β -Mediated Inflammatory Response in Human Proximal Tubular Cells / M. Pirklbauer, S. Sallaberger, P. Staudinger [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* — 2021. — Vol. 22, N10. — Article ID: 5089. DOI: 10.3390/ijms22105089.
21. Everts B. TLR-driven early glycolytic reprogramming via the kinases TBK1-IKKe supports the anabolic demands of dendritic cell activation / B. Everts, E. Amiel, S. Ching-Cheng Huang [et al.] // *Nat. Immunol.* — 2014. — Vol. 15, N4. — P. 323–332. DOI: 10.1038/ni.2833.
22. Bustamante M. F. Hexokinase 2 as a novel selective metabolic target for rheumatoid arthritis / M. F. Bustamante, P. G. Oliveira, R. Garcia-Carbonell [et al.] // *Ann. Rheum. Dis.* — 2018. — Vol. 77, N11. — P. 1636–1643. DOI: 10.1136/annrheumdis-2018-213103.
23. Seki S. M. Exploring Non-Metabolic Functions of Glycolytic Enzymes in Immunity / S. M. Seki, A. Gaultier // *Front. Immunol.* — 2017. — Vol. 22, N8. — Article ID: 1549. DOI: 10.3389/fimmu.2017.01549.
24. Uthman L. Novel Anti-inflammatory Effects of Canagliflozin Involving Hexokinase II in Lipopolysaccharide-Stimulated Human Coronary Artery Endothelial Cells / L. Uthman, M. Kuschma, G. Römer [et al.] // *Cardiovasc. Drugs Ther.* — 2020. — <https://doi.org/10.1007/s10557-020-07083-w>.
25. Komiya C. Ipragliflozin Improves Hepatic Steatosis in Obese Mice and Liver Dysfunction in Type 2 Diabetic Patients Irrespective of Body Weight Reduction / C. Komiya, K. Tsuchiya, K. Shiba [et al.] // *PLoS ONE.* — 2016. — Vol. 11, N3. — Article ID: e0151511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151511>.
26. Youm Y. H. The ketone metabolite β -hydroxybutyrate blocks NLRP3 inflammasome-mediated inflammatory disease / Y. H. Youm, K. Y. Nguyen, R. W. Grant [et al.] // *Nat. Med.* — 2015. — Vol 21, N3. — P. 263–269. DOI:10.1038/nm.3804.
27. Ishibashi Y. Tofogliflozin, A Highly Selective Inhibitor of SGLT2 Blocks Proinflammatory and Proapoptotic Effects of Glucose Overload on Proximal Tubular Cells Partly by Suppressing Oxidative Stress Generation / Y. Ishibashi, T. Matsui, S. Yamagishi // *Horm. Metab. Res.* — 2016. — Vol. 48, N3. — P. 191–195. DOI: 10.1055/s-0035-1555791.
28. Maayah Z. H. Empagliflozin suppresses inflammation and protects against acute septic renal injury / Z. H. Maayah, M. Ferdaoussi, S. Takahara, S. Soni, J.R.B. Dyck // *Inflammopharmacology.* — 2021. — Vol. 29, N1. — P. 269–279. DOI: 10.1007/s10787-020-00732-4.

© Колесников Олег Леонидович (kaf-biol@mail.ru),

Колесникова Алла Алексеевна (olekol@mail.ru), Тарабрина Юлия Олеговна (julikol@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



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

DOI 10.37882/2223–2966.2021.09.16

О ВЛИЯНИИ ИНГИБИТОРОВ НАТРИЙ-ГЛЮКОЗНОГО КОТРАНСПОРТЕРА 2 НА СОСТОЯНИЕ МИТОХОНДРИЙ И АКТИВНОСТЬ АУТОФАГИИ

ON THE INFLUENCE OF SODIUM-GLUCOSE COTRANSPORTER2 INHIBITORS ON THE STATE OF MITOCHONDRIA AND THE ACTIVITY OF AUTOPHAGY

**A. Kolesnikova
O. Kolesnikov
Yu. Tarabrina**

Summary. In diabetes mellitus, there is a presence of mitochondrial dysfunction, a decrease in ATP levels and suppression of the autophagy process. Sodium-glucose cotransporter 2 inhibitors increase the number of mitochondria in cells and restore their integrity. When using these drugs, there is an improvement in the functional activity of mitochondria. Inhibitors of sodium-glucose cotransporter 2 stimulate autophagy processes in cells. As a result, the supply of energy to cells improves and oxidative stress decreases.

Keywords: sodium-glucose cotransporter, inhibitor, diabetes mellitus, mitochondria, autophagy.

Колесникова Алла Алексеевна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Челябинск)
olekol@mail.ru*

Колесников Олег Леонидович

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Челябинск)
kaf-biol@mail.ru*

Тарабрина Юлия Олеговна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Челябинск)
julikol@mail.ru*

Аннотация. При сахарном диабете отмечается наличие дисфункции митохондрий, снижение уровня АТФ и подавление процесса аутофагии. Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 увеличивают количество митохондрий в клетках и восстанавливают их целостность. При использовании этих препаратов отмечается улучшение функциональной активности митохондрий. Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 стимулируют процессы аутофагии в клетках. В результате улучшается снабжение клеток энергией и уменьшается оксидативный стресс.

Ключевые слова: натрий-глюкозный котранспортер, ингибитор, сахарный диабет, митохондрия, аутофагия.

Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 типа (ИНГК2) сегодня активно используются в лечении сахарного диабета [1, 2]. Первый ингибитор натрий-глюкозного котранспортера флоризин (подавляет активность котранспортеров 1 и 2 типов) был выделен в 1835 году и является первым представителем данного класса, который был одобрен в США Food and Drug Administration для лечения сахарного диабета [3].

В исследованиях сердечно-сосудистых исходов, наблюдающихся при использовании ИНГК2, было зарегистрировано либо меньшее количество серьезных неблагоприятных сердечных событий (нефатальный инфаркт миокарда, нефатальный инсульт и сердечно-сосудистая смерть), либо снижение совокупной конечной точки сердечно-сосудистой смерти или госпитализации по поводу сердечной недостаточности (СН) у участников с сахарным диабетом 2 типа (СД2) и уста-

новленным сердечно-сосудистым заболеванием. Среди пациентов с СД2, у которых не было сердечно-сосудистых заболеваний, но имелись множественные факторы риска, ИНГК2 снижали комбинированную конечную точку сердечно-сосудистой смерти или госпитализации по причине СН [4, 5, 6].

Вопрос о механизмах кардиопротекторного действия ИНГК2 активно изучается, существует целый ряд гипотез по этому поводу. При этом весьма важно, что сам белок (натрий-глюкозный котранспортер 2 типа) в кардиомиоцитах не экспрессируется, в тканях сердца был обнаружен только натрий-глюкозный котранспортер 1 типа [7, 8].

Настоящее сообщение посвящено анализу данных литературы о воздействии ИНГК2 состояние митохондрий.

Миокард требует большого количества энергии для обеспечения своей работы. Большая часть этой энергии вырабатывается в результате окислительного фосфорилирования в митохондриях, которые составляют около 30% объема миокарда. Митохондрии также являются основным источником активных форм кислорода (АФК), которые образуются из цепи переноса электронов во время окислительного фосфорилирования [9]. В физиологических условиях повреждение миокарда, вызванное АФК, сводится к минимуму благодаря жесткому контролю окислительно-восстановительного баланса митохондрий и эффективной и динамичной программе контроля качества митохондрий. Контроль качества митохондрий обеспечивает пригодность популяции митохондрий посредством непрерывных проверок качества, устранения дисфункциональных митохондрий и стимулирования роста новых органелл [10].

СД2 характеризуется митохондриальной дисфункцией, высокой выработкой активных форм кислорода и низким уровнем АТФ [11].

Дисфункция митохондрий была обнаружена во многих органах у пациентов с СД2 [12]. Так, митохондрии, выделенные из предсердий людей с СД, демонстрировали сниженное митохондриальное дыхание и увеличенный оксидативный стресс по сравнению с митохондриями здоровых людей [13]. При СД2 наблюдается сниженная экспрессия генов, вовлеченных в биогенез митохондрий и окислительное фосфорилирование [14]. Исследования у пациентов с СД2 связали митохондриальную дисфункцию с гипертрофией и фиброзом желудочков [15, 16].

Белки Drp1 и Mfn1 связаны с делением митохондрий, а высокое соотношение Drp1/Mfn1 отражает увеличенную фрагментацию митохондрий [17].

Lee Y.H. и соавт. (2019) использовали культуру клеток проксимальных почечных канальцев человека, которые инкубировали при повышенной концентрации глюкозы. После воздействия эмпаглифлозина соотношение Drp1/Mfn1 снижалось, что позволяет думать об уменьшении фрагментации митохондрий [18]. С помощью MitoTracker, который окрашивал функционирующие митохондрии с неповрежденным мембранным потенциалом, было показано, что при высоком уровне глюкозы в клетках уменьшалось количество функциональных митохондрий. При обработке эмпаглифлозином восстанавливалась масса нормально функционирующих митохондрий. Кроме того, ИНГК2 восстанавливал базальное митохондриальное дыхание. Авторы указали, что эмпаглифлозин улучшал динамику, биогенез и функции митохондрий в клетках при инкубации в среде с высоким содержанием глюкозы [18]. Другие исследователи показали, что эмпаглифлозин ингибировал деление митохондрий через активацию АМФ-зависимой протеинкиназы [19].

В работе Takagi S. и соавт. (2018) изучали линию эпителиальных клеток НК-2. Инкубация клеток в среде с пальмитатом снизила экспрессию белков митохондрий Mfn2 и Opa1, в присутствии ИНГК2 этот эффект не отмечался. При использовании среды с пальмитатом и высоким уровнем глюкозы наблюдалось значительное разрушение митохондрий. ИНГК2 ипраглифлозин восстанавливал экспрессию митохондрий [20].

Целый ряд исследований проведен с помощью различных моделей СД и ожирения. Так, крысы линии Вистар содержали на диете с высоким содержанием жиров, часть из них получала дапаглифлозин. ИНГК2 улучшал чувствительность животных к инсулину, функции митохондрий головного мозга, уменьшал апоптоз и предотвратил снижение когнитивных функций [21].

Wei D. и соавт. (2020) также использовали высокожировую диету. У самцов мышей C57BL/6 обнаружили снижение уровня мРНК и экспрессии белков PGC-1 α , NRF1, tfam и CPT1b, которые являются маркерами митохондриального биогенеза, функций и окисления жирных кислот. ИНГК2 канаглифлозин отменял эти эффекты. Кроме того, адипоциты линии 3T3-L1 обрабатывали канаглифлозином, который усиливал экспрессию белков PGC-1 α , NRF1, tfam, COX5b, CPT1b. Следовательно, ИНГК2 улучшал функцию митохондрий и улучшал окисление жирных кислот [22].

В следующем исследовании мыши в течение 16 недель содержались на диете с высоким содержанием жира и получали ИНГК2 ипраглифлозин. У животных в клетках канальцев почек обнаружены округлые и фрагментированные митохондрии, также характерно было нарушение внутренней мембраны. Ипраглифло-

зин уменьшал повреждения митохондрий. Авторы указали, что при дисфункции митохондрий могут усиливаться гликолиз и оксидативный стресс [20].

Mizuno M. и соавт. (2018) использовали крыс линии OLETF (модель СД2) и линии LETO (недиабетический контроль). Для индукции инфаркта миокарда перевязывали левую коронарную артерию и через 12 часов забирали образцы из зоны, не пораженной инфарктом. У крыс с СД2 было больше митохондрий, и были более распространены мелкие митохондрии, чем у линии LETO. Инфаркт миокарда при СД2 еще больше сокращал размер митохондрий и уменьшал число аутофагических вакуолей. ИНГК2 эмпаглифлозин предотвращал сокращение размеров митохондрий и числа аутофагических вакуолей после инфаркта у крыс с СД2. Авторы указали, что ИНГК2 нормализует количество и размер митохондрий при СД2 [23].

Belosludtsev K.N. и соавт. (2021) изучали мышей линии C57BL/6NCrI, у которых вызывали СД2 с помощью стрептозоцина и диеты с высоким содержанием жира. С помощью электронной микроскопии изучали клетки печени. Дапаглифлозин предотвращал набухание митохондрий и нормализовал средний размер митохондрий в гепатоцитах животных с СД2. Лечение ИНГК2 предотвращало снижение числа копий митохондриальной ДНК в печени мышей с диабетом. Дапаглифлозин у животных с СД2 нормализовал соотношение митохондриального респираторного контроля, и достоверно уменьшил уровень продуктов перекисного окисления липидов в митохондриях [24]. Есть и другие данные, согласно которым ингибиторы НГК2 могут улучшать дыхательную функцию митохондрий у диабетических крыс [25]

Теперь перейдем к рассмотрению такого важного вопроса, как аутофагия.

Аутофагия — это эволюционно консервативный процесс, который опосредует клеточную адаптацию к стрессовым условиям, и представляет собой процесс деградации клеточных элементов с помощью лизосом [26]. Аутофагия помогает избавиться клетки от накопленного «мусора», избыточных запасов глюкозы и липидов и дисфункциональных или поврежденных органелл, которые способствуют развитию заболеваний [27]. В связи с этим она имеет важнейшее значение для гомеостаза, развития и выживания клеток [28]. В условиях стресса аутофагия играет особо важную роль, устраняя поврежденные или вредные компоненты [29]. Нарушение аутофагии может быть частью патогенеза многих заболеваний, включая нейродегенеративные, сердечно-сосудистые, аутоиммунные и метаболические [27].

Таким образом, аутофагия поддерживает функционирование органелл клетки (в том числе и мито-

хондрий), обеспечивая своевременное удаление поврежденных структур. Говоря о митохондриях, следует не забывать, что удаление неполноценных, дефектных структур позволяет снизить утечку активных форм кислорода и уменьшает уровень оксидативного стресса в клетке. Как же обстоят дела с аутофагией при сахарном диабете?

В условиях гипергликемии процессы аутофагии могут нарушаться [30]. При СД2 отмечается подавление аутофагии, что способствует развитию кардиомиопатии [31]. В клетках людей с СД2 способность к аутофагии заметно снижается [32, 33].

Подавление аутофагии связано с гипергликемией, накоплением конечных гликированных продуктов и липидов в связи с дефицитом глюкозы и угнетением окисления жирных кислот [34].

Ряд регуляторных ферментов, в том числе сиртуин-1 (СИРТ-1) и АМФ-активируемая протеинкиназа (АМФПК) обеспечивают активацию аутофагии, причем при СД2 отмечается супрессия как СИРТ-1, так и АМФПК. [31].

Недостаток питательных веществ увеличивает экспрессию и активность ряда регуляторных энзимов, в частности СИРТ-1 и АМФПК [35]. ИНГК2 вызывают состояние, подобное голоданию, которое сопровождается кетогенезом, являющимся биомаркером активации СИРТ-1 [31].

ИНГК2 обеспечивают активацию СИРТ-1 в различных тканях, включая почки [36, 37, 38]. При этом есть данные, что ИНГК2 могут прямо влиять на СИРТ-1, повышая его активность [37].

Таким образом, отмечаемая при использовании ИНГК2 стимуляция аутофагии может вносить вклад в поддержание структуры и функциональной активности митохондрий, способствуя снабжению клеток АТФ и уменьшая оксидативный стресс.

Заключение

Сахарный диабет нарушает снабжение клеток энергией, отмечается нарушение функций и целостности митохондрий. Это вызывает подавление синтеза АТФ и активирует оксидативный стресс. Кроме того, при СД2 нарушается аутофагия, которая обеспечивает своевременное удаление из клеток поврежденных органоидов и молекул. ИНГК2 обеспечивают стимуляцию аутофагии через активацию СИРТ-1. В результате восстанавливается активность митохондрий и снабжение клеток АТФ. Эти особенности могут вносить вклад в кардиопротекторное и ренопротекторное действие ИНГК2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Garcia-Ropero A. The pharmacokinetics and pharmacodynamics of SGLT2 inhibitors for type 2 diabetes mellitus: the latest developments / A. Garcia-Ropero, J.J. Badimon, C.G. Santos-Gallego // *Expert. Opin. Drug. Metab. Toxicol.* — 2018. Vol. 14, N12. — P. 1287–1302. DOI: 10.1080/17425255.2018.1551877.
2. Rosas-Guzman J. SGLT2 Inhibitors in Diabetes Mellitus Treatment / J. Rosas-Guzman, J. Rosas-Saucedo, A.R.J. Romero-Garcia // *Rev. Recent. Clin. Trials.* — 2017. — Vol. 12, N1. — P. 8–18. DOI: 10.2174/1574887111666160829145810.
3. Perry R.J. Sodium-glucose cotransporter-2 inhibitors: Understanding the mechanisms for therapeutic promise and persisting risks / R.J. Perry, G.I. Shulman // *J. Biol. Chem.* — 2020. — Vol. 295, Is. 42. — P. 14379–14390.
4. Woo V.C. Cardiovascular Effects of Sodium-Glucose Cotransporter-2 Inhibitors in Adults With Type 2 Diabetes / V.C. Woo // *Can. J. Diabetes.* — 2020. — Vol. 44, N1. — P. 61–67. DOI: 10.1016/j.jcjd.2019.09.004.
5. Zelniker T.A. SGLT2 inhibitors for primary and secondary prevention of cardiovascular and renal outcomes in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of cardiovascular outcome trials / T.A. Zelniker, S.D. Wiviott, I. Raz [et al.] // *Lancet.* — 2019. — Vol. 393. — P. 31–39.
6. Toyama T. Effect of SGLT2 inhibitors on cardiovascular, renal and safety outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus and chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis / T. Toyama, B.L. Neuen, M. Jun [et al.] // *Diabetes Obes. Metabol.* — 2019. — Vol. 21. — P. 1237–1250.
7. Maejima Y. SGLT2 Inhibitors Play a Salutary Role in Heart Failure via Modulation of the Mitochondrial Function / Y. Maejima // *Front. Cardiovasc. Med.* — 2020. — Vol. 6. — Article ID: 186. DOI: 10.3389/fcvm.2019.00186.
8. Di Franco A. Sodium-dependent glucose transporters (SGLT) in human ischemic heart: a new potential pharmacological target / A. Di Franco, G. Cantini, A. Tani [et al.] // *Int. J. Cardiol.* — 2017. — Vol. 243. — P. 86–90. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.05.032.
9. Yurista S.R. Sodium-glucose co-transporter 2 inhibition as a mitochondrial therapy for atrial fibrillation in patients with diabetes? / S.R. Yurista, H.H.W. Silljé, M. Rienstra [et al.] // *Cardiovasc. Diabetol.* — 2020. — Vol. 19, N1. — Article ID: 5. DOI: 10.1186/s12933-019-0984-0.
10. Brown D.A. Mitochondrial function as a therapeutic target in heart failure / D.A. Brown, J.B. Perry, M.E. Allen [et al.] // *Nat. Rev. Cardiol.* — 2017. — Vol. 14, N4. — P. 238–250. DOI: 10.1038/nrcardio.2016.203.
11. Rovira-Llopis S. Mitochondrial dynamics in type 2 diabetes: Pathophysiological implications / S. Rovira-Llopis, C. Bañuls, N. Diaz-Morales [et al.] // *Redox. Biol.* — 2017. — Vol. 11. — P. 637–645. DOI: 10.1016/j.redox.2017.01.013.
12. Yaribeygi H. Mitochondrial dysfunction in diabetes and the regulatory roles of antidiabetic agents on the mitochondrial function / H. Yaribeygi, S.L. Atkin, A. Sahebkar // *J. Cell. Physiol.* — 2019. — Vol. 234, N6. — P. 8402–8410. DOI: 10.1002/jcp.27754.
13. Anderson E.J. Substrate-specific derangements in mitochondrial metabolism and redox balance in the atrium of the type 2 diabetic human heart / E.J. Anderson, A.P. Kypson, E. Rodriguez [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2009. — Vol. 54, N20. — P. 1891–1898. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.07.031.
14. Mootha V.K. PGC-1alpha-responsive genes involved in oxidative phosphorylation are coordinately downregulated in human diabetes / V.K. Mootha, C.M. Lindgren, K.F. Eriksson [et al.] // *Nat. Genet.* — 2003. — Vol. 34, N3. P. 267–273. DOI: 10.1038/ng1180.
15. Montaigne D. Myocardial contractile dysfunction is associated with impaired mitochondrial function and dynamics in type 2 diabetic but not in obese patients / D. Montaigne, X. Marechal, A. Coisne [et al.] // *Circulation.* — 2014. — Vol. 130. — P. 554–64.
16. Uthman L. Direct cardiac actions of sodium glucose cotransporter 2 inhibitors target pathogenic mechanisms underlying heart failure in diabetic patients / L. Uthman, A. Baartscheer, C.A. Schumacher [et al.] // *Front. Physiol.* — 2018. — Vol. 9. — Article ID: 1575.
17. Jeong H.Y. Chloroquine and amodiaquine enhance AMPK phosphorylation and improve mitochondrial fragmentation in diabetic tubulopathy / H.Y. Jeong, J.M. Kang, H.H. Jun [et al.] // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8. — Article ID: 8774. DOI: 10.1038/s41598-018-26858-8.
18. Lee Y.H. Empagliflozin attenuates diabetic tubulopathy by improving mitochondrial fragmentation and autophagy / Y.H. Lee, S.H. Kim, J.M. Kang [et al.] // *Am. J. Physiol. Renal Physiol.* — 2019. — Vol. 317, N4. — P. F767–F780. DOI: 10.1152/ajprenal.00565.2018.
19. Zhou H. Empagliflozin rescues diabetic myocardial microvascular injury via AMPK-mediated inhibition of mitochondrial fission / H. Zhou, S. Wang, P. Zhu // *Redox. Biol.* — 2018. — Vol. 15. — P. 335–346. DOI: 10.1016/j.redox.2017.12.019.
20. Takagi S. Ipragliflozin improves mitochondrial abnormalities in renal tubules induced by a high-fat diet / S. Takagi, J. Li, Y. Takagaki [et al.] // *J. Diabetes Investig.* — 2018. — Vol. 9, N5. — P. 1025–1032. DOI: 10.1111/jdi.12802.
21. Sa-Nguanmoo P. SGLT2-inhibitor and DPP-4 inhibitor improve brain function via attenuating mitochondrial dysfunction, insulin resistance, inflammation, and apoptosis in HFD-induced obese rats / P. Sa-Nguanmoo, P. Tanajak, S. Kerdphoo [et al.] // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* — 2017. — Vol. 333. — P. 43–50. DOI: 10.1016/j.taap.2017.08.005.
22. Wei D. Canagliflozin ameliorates obesity by improving mitochondrial function and fatty acid oxidation via PPARα in vivo and in vitro / D. Wei, L. Liao, H. Wang // *Life Sci.* — 2020. — Vol. 247. — Article ID: 117414. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.117414.
23. Mizuno M. Empagliflozin normalizes the size and number of mitochondria and prevents reduction in mitochondrial size after myocardial infarction in diabetic hearts / M. Mizuno, A. Kuno, T. Yano [et al.] // *Physiol. Rep.* — 2018. — Vol. 6, N12. — Article ID: e13741. DOI: 10.14814/phy2.13741.
24. Belosludtsev K.N. Chronic treatment with dapagliflozin protects against mitochondrial dysfunction in the liver of C57BL/6NCRl mice with high-fat diet/streptozotocin-induced diabetes mellitus / K.N. Belosludtsev, V.S. Starinets, M.N. Belosludtsev [et al.] // *Mitochondrion.* — 2021. — Vol. 59. — P. 246–254. DOI: 10.1016/j.mito.2021.06.008.
25. Shao Q. Empagliflozin, a sodium glucose co-transporter-2 inhibitor, alleviates atrial remodeling and improves mitochondrial function in high-fat diet/streptozotocin-induced diabetic rats / Q. Shao, L. Meng, S. Lee [et al.] // *Cardiovasc. Diabetol.* — 2019. — Vol. 18, N1. — Article ID: 165. DOI: 10.1186/s12933-019-0964-4.

26. Demirtas L. Apoptosis, autophagy & endoplasmic reticulum stress in diabetes mellitus / L. Demirtas, A. Guclu, F.M. Erdur [et al.] // *Indian J. Med. Res.* — 2016. — Vol. 144, N4. — P. 515–524. DOI: 10.4103/0971–5916.200887.
27. Levine B. Development of autophagy inducers in clinical medicine / B. Levine, M. Packer, P. Codogno // *J. Clin. Invest.* — 2015. — Vol. 125, N1. — P. 14–24. DOI: 10.1172/JCI73938.
28. Levine B. Autophagy in the pathogenesis of disease / Levine B, Kroemer G. // *Cell.* — 2008. — Vol. 132, N1. — P. 27–42. DOI: doi: 10.1016/j.cell.2007.12.018.
29. He C. Regulation mechanisms and signaling pathways of autophagy / C. He, D.J. Klionsky // *Annu. Rev. Genet.* — 2009. — Vol. 43. — P. 67–93. DOI: 10.1146/annurev-genet-102808–114910.
30. Tanaka Y. Autophagy as a therapeutic target in diabetic nephropathy / Tanaka Y., Kume S., Kitada M. [et al.] // *Exp. Diabetes Res.* — 2012. — Vol. 2012. — Article ID: 628978. DOI: 10.1155/2012/628978.
31. Packer M. Autophagy-dependent and -independent modulation of oxidative and organellar stress in the diabetic heart by glucose-lowering drugs / M. Packer // *Cardiovasc. Diabetol.* — 2020. — Vol. 19, N1. — Article ID: 62. DOI: 10.1186/s12933–020–01041–4.
32. Sakai S. Proximal tubule autophagy differs in type 1 and 2 diabetes / S. Sakai, T. Yamamoto, Y. Takabatake [et al.] // *J. Am. Soc. Nephrol.* — 2019. — Vol. 30, N6. — P. 929–945. DOI: 10.1681/ASN.2018100983.
33. Zhao X. Advanced glycation end-products suppress autophagic flux in podocytes by activating mammalian target of rapamycin and inhibiting nuclear translocation of transcription factor EB / X. Zhao, Y. Chen, X. Tan [et al.] // *J. Pathol.* — 2018. — Vol. 245, N2. — P. 235–248. DOI: 10.1002/path.5077.
34. Kang H.M. Defective fatty acid oxidation in renal tubular epithelial cells has a key role in kidney fibrosis development / H.M. Kang, S.H. Ahn, P. Choi [et al.] // *Nat. Med.* — 2015. — Vol. 21, N1. — P. 37–46. DOI: 10.1038/nm.3762.
35. Panieri E. Nutrient withdrawal rescues growth factor-deprived cells from mTOR-dependent damage / E. Panieri, G. Toietta, M. Mele [et al.] // *Aging (Albany NY).* — 2010. — Vol. 2, N8. — P. 487–503. DOI: 10.18632/aging.100183.
36. Sasaki M. Dual regulation of gluconeogenesis by insulin and glucose in the proximal tubules of the kidney / M. Sasaki, T. Sasako, N. Kubota [et al.] // *Diabetes.* — 2017. — Vol. 66, N9. — P. 2339–2350. DOI: 10.2337/db16–1602.
37. Ying Y. Phloretin protects against cardiac damage and remodeling via restoring SIRT1 and anti-inflammatory effects in the streptozotocin-induced diabetic mouse model / Y. Ying, C. Jiang, M. Zhang [et al.] // *Aging (Albany NY).* — 2019. — Vol. 11, N9. — P. 2822–2835. DOI: 10.18632/aging.101954.
38. Kim J.W. Effect of sodium-glucose cotransporter 2 inhibitor, empagliflozin, and α -glucosidase inhibitor, voglibose, on hepatic steatosis in an animal model of type 2 diabetes / J.W. Kim, Y.J. Lee, Y.H. You [et al.] // *J. Cell Biochem.* — 2019. — Vol. 120, Is. 5. — P. 8534–854. DOI: 10.1002/jcb.28141.

© Колесникова Алла Алексеевна (olekol@mail.ru),

Колесников Олег Леонидович (kaf-biol@mail.ru), Тарабрина Юлия Олеговна (julikol@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ, НУЖДАЮЩИХСЯ В СЪЁМНОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ (ИССЛЕДОВАНИЕ IN VITRO)

TO THE QUESTION HOW TO INCREASE THE EFFICIENCY OF REHABILITATION AMONG PATIENTS WHO NEED IN REMOVABLE DENTURES (IN VITRO STUDY)

**A. Kopytov
T. Yushmanova
Yu. Minyailo
N. Skripova
V. Tikhonov**

Summary. Incomplete conversion of methylmethacrylate (MMA) to polymethylmethacrylate is an important issue of using acrylic resin in clinical dental practice. In the present paper, we investigated how cleaners for removable dentures influence on dynamics of MMA migration. Liquid chromatograph LC-20 was used to assess the dynamics of MMA migration into distilled water. Hypersil ODS-2 column with fixed phase was applied to fractionate the components transferred to water from polymers. The components were determined by the filtration of acetonitrile. It was shown that exposure of the cleaners for removable dentures during more than 40 hours significantly reduced MMA migration into water (up to 12.2% or 0.281 mg/l).

Keywords: methylmethacrylate, removable denture, cleaners for removable dentures.

Копытов Александр Александрович

Д.м.н., к.с.н., профессор, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ») kopitov.aleks@yandex.ru

Юшманова Татьяна Николаевна

Д.м.н., профессор, ФГОУ ВО Минздрава России «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск (СГМУ, г. Архангельск) yushmanovatn@yandex.ru

Миняйло Юрий Анатольевич

Ассистент, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ») kopitov.aleks@yandex.ru

Скрипова Наталья Владимировна

К.м.н., доцент, ФГОУ ВО Минздрава России «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск (СГМУ, г. Архангельск) snv-nord@yandex.ru

Тихонов Владимир Николаевич

Ассистент, ФГОУ ВО Минздрава России «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск (СГМУ, г. Архангельск) yushmanowa.tatiana@yandex.ru

Аннотация. Одной из серьёзных проблем, связанных с клиническим применением акриловых пластмасс, является неполное превращение метилметакрилата в полиметилметакрилат. В статье представлены данные о влиянии средств для поддержания гигиены съёмных протезов на динамику миграции остаточного мономера метилметакрилата. Оценка динамики миграции в дистиллированную воду мономера метилметакрилата (ММА) осуществлялась с использованием жидкостного хроматографа LC-20. Фракционирование компонентов, перешедших в воду из базисных полимеров, проведено при помощи колонки с неподвижной фазой Hypersil ODS-2. Доставку компонентов обусловила фильтрация ацетонитрила. Доказано, что воздействие компонентов средств для очистки зубных протезов на акриловые полимеры с экспозицией, превышающей 40 часов, достоверным образом снижает миграцию метилметакрилата в водные вытяжки (до 12,2% или 0,281 мг/л).

Ключевые слова: метилметакрилат, съёмный пластиночный протез, средства для очистки съёмных протезов.

Актуальность

Акриловые пластмассы горячего отверждения относятся к материалам, наиболее часто применяемым для изготовления базисов частичных и полных съёмных протезов. Компонентами этих материалов являются частицы полиметилметакрилата, смешиваемого с мономером метилметакрилатом, реакция полимеризации проходит на фоне воздействия температуры в присутствии соответствующих сшивающих агентов [4,5]. При этом мигрирующий в ротовую жидкость остаточный метилметакрилат негативно воздействует на ткани протезного ложа, осложняя реабилитацию пациентов с частичным и полным отсутствием зубов. Известно, что акриловые пластмассы характеризуются незначительным водопоглощением, что предполагает возможность диффузии веществ, растворённых в воде, в поровое пространство базиса. Также известны рекомендации по уходу за протезами и очистке их от остатков пищи и микробного налёта методом погружения в воду с растворёнными в ней специальными таблетками.

В связи с повышением среднего возраста населения особую значимость обретают исследования, направленные на разработку алгоритмов, снижающих повреждающее воздействие на организм компонентов съёмных пластиночных протезов. Ставя целью скорейшее достижение реабилитации, следует учитывать, что пациенты старших возрастных групп не всегда способны поддерживать на хорошем уровне гигиену съёмных пластиночных протезов. Обеспечение гигиены съёмных протезов может осуществляться с реализацией двух основных подходов: «механического» и «химического». При этом особую сложность выполнения гигиенических мероприятий испытывают одинокие больные, страдающие соматической и неврологической патологией [1]. Применение химических препаратов обуславливает искомый гигиенический эффект вне зависимости от общесоматического, психического и иных статусов лиц, страдающих вторичной адентией. К средствам для химической чистки протезов предъявляется целый ряд требований. Они должны быть простыми в использовании, эффективно удалять органические и неорганические вещества с поверхности протезов, обладать бактерицидными и фунгицидными свойствами [2]. Проведённые исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что химические препараты имеют преимущество над механической чисткой зубных протезов, как более простые в использовании и эффективно снижающие динамику образования биоплёнок [6,7].

В последнее время увеличивается число больных, жалующихся на сложность адаптации к съёмным протезам. Зачастую причиной, обуславливающей длительность реабилитации или полную невозможность восстановления жевательной эффективности, выступает мономер метилметакрилат, диффундирующий в ротовую жидкость

из базиса съёмного протеза. В свою очередь, ингредиенты средств для химической очистки протезов могут, выравнивая концентрацию, диффундировать в поровую систему базиса протеза. Наше предположение подтверждается требованиями ГОСТа, устанавливающими возможное водопоглощение базисных материалов не более 32 мкг/мм³ и растворимость не более 1,6 мкг/мм³ [5]. При этом работ, посвящённых воздействию активных веществ, являющихся компонентами гигиенических средств, на остаточный мономер метилметакрилат, в доступной литературе недостаточно.

Цель исследования

Оценить влияние средств ухода за зубными протезами на динамику миграции метилметакрилата из акриловых базисных материалов.

Материалы и методы

К исследованию приняты три материала для изготовления базисов съёмных протезов «Фторакс», «Белакрил метилметакрилат горячего отверждения» (БМГО) и «Белакрил этилметакрилат горячего отверждения» (БЭГО). Средствами, выбранными для подтверждения или опровержения гипотезы о влиянии гигиенических препаратов на динамику миграции метилметакрилата, приняты таблетки «Dentipur» и «Protefix Активный».

Проведению исследования предшествовало определение корреляционной массы базисных материалов и модельной среды (дистиллированной воды), необходимой для проведения исследований согласно ГОСТа [3]. Оценка динамики миграции в дистиллированную воду мономера метилметакрилата (ММА) осуществлялась с использованием жидкостного хроматофлага LC-20, в состав которого входил насос высокого давления LC-20 AD и спектрофотометрический детектор SPD-20 AV. Фракционирование компонентов, перешедших в воду из базисных полимеров, проведено при помощи колонки с неподвижной фазой Hypersil ODS-2, наполненной сорбентом, гранулометрически соответствующим размеру ~ 5 мкм. Доставку компонентов обусловила фильтрация ацетонитрила, перемещающегося со скоростью 1 мл/мин.

Для проведения исследования методом горячей полимеризации изготовлено по 43 полоски каждого материала с размерами 40,0±1,0×10,0±0,5×2,0±0,1 мм. После последовательного шлифования и полирования полоски распиливались. Для каждого материала готовилось 9 колб, в каждую из которых помещали по 9,5 полосок. На протяжении исследования все колбы с дистиллированной водой, взятой в объёме 250 мл, подвергались термостатированию при температуре 37±1 °С. Колбы каждого из материалов, случайным образом были разделены на три группы, по три

колбы в каждой: одну контрольную и две испытуемые. В испытуемые колбы, моделируя воздействие на базис протезов гигиенических средств, добавляли таблетки «Dentipur» и «Protefix Активный».

В контрольных группах образцы каждого из материалов заливались только дистиллированной водой. Имитируя погружение протеза в раствор с гигиеническим средством на одну ночь, в контрольные колбы заливалась дистиллированная вода, через 6 часов вода сливалась. Затем образцы заливались новой порцией дистиллированной воды, и через следующие 24 часа проводилась обращенно-фазовая высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), показывающая концентрацию ММА в вытяжке.

На следующем этапе, моделируя погружение протеза в раствор с гигиеническим средством на 3 ночи, в контрольные колбы заливалась новая порция воды. После 18 часовой экспозиции вода сливалась, а образцы заливались на трое суток новой порцией воды. Трёхсуточная вытяжка подвергалась хроматографии. Без интервала, моделируя семисуточные гигиенические мероприятия, в контрольные колбы наливалась дистиллированная вода на 42 часа. По истечению срока вода сливалась, наливалась новая порция, оценка количества мигрировавшего в воду ММА проводилась через 7 суток.

На последнем этапе образцы, находящиеся в контрольных пробирках, заливались дистиллированной водой на 84 часа, что соответствовало четырнадцатисуточным ночным гигиеническим мероприятиям. Слитую воду заменяли новой порцией и через 14 суток оценивали концентрацию мигрировавшего в воду ММА.

В последующем три колбы каждого материала объединили в первую испытуемую группу. В этой группе перед получением одно- трёх- семи- и четырнадцатисуточных вытяжек образцы контактировали на протяжении 6, 18, 42 и 84 часов с раствором, содержащим таблетки для поддержания гигиены съёмных протезов «Dentipur». Такое погружение позволяло моделировать нахождение протезов в чистящем растворе одну, три, семь и четырнадцати ночей. Первая экспозиция, моделирующая ночное нахождение протеза в растворе «Dentipur», составила 6 часов. Затем раствор сливался, в колбу наливалось дистиллированная вода, в которую погружались образцы на 24 часа, после чего проводилась ВЭЖХ вытяжки. Без интервала в колбы наливали следующие 250 мл воды, в которой растворяли таблетки «Dentipur», экспозиция воздействия гигиенического средства составила 18 часов, что соответствует трёхсуточным ночным гигиеническим мероприятиям. По истечению заданного времени раствор «Dentipur» сливали, и заливали образцы дистиллированной водой. Время, после которого проводили оценку концентрации

ММА, составило 3 суток. Таким же образом, моделируя воздействие гигиенического средства «Dentipur» на миграцию мономера, образцы погружали в раствор гигиенического средства на 42 и 84 часа, что имитировало гигиеническую обработку протезов в течение 7 и 14 ночей соответственно. После 48-часовой и 84-часовой выдержки растворы «Dentipur» сливались, в колбы наливалась дистиллированная вода, и через 7 и 14 суток соответственно оценивалась концентрация ММА в модельной среде. Применение этого алгоритма позволило оценить влияние на миграцию ММА в водные вытяжки таблетированного очистителя зубных протезов «Protefix Активный».

Результаты исследований

По данным ВЭЖХ, сравнительная оценка воздействия средств для очистки зубных протезов «Dentipur» и «Protefix Активный» на интенсивность миграции ММА в одно- трёх- семи- и четырнадцатисуточные водные вытяжки не имеет достоверных отличий ($p > 0,05$). Полученные данные обусловили возможность объединения результатов, полученных при оценке динамики миграции ММА на фоне воздействия «Dentipur» и «Protefix Активный», в одну испытуемую группу, содержащую по 6 колб каждого материала.

В контрольных односуточных вытяжках из пластмассы «Фторакс» концентрация ММА составила $0,112 \pm 0,011$ мг/л, в колбах с образцами, в течение 6-ти часов контактировавшими с гигиеническими средствами, концентрация мономера достигла $0,110 \pm 0,012$ мг/л, что меньше на 1,8% концентрации в контрольной вытяжке.

В контрольных вытяжках из пластмасс БМГО и БЭГО концентрация ММА равна $0,100 \pm 0,012$ мг/л, и $0,012 \pm 0,02$ мг/л соответственно. Предварительная 6-ти часовая экспозиция образцов в растворе средств для гигиены протезов не привела к снижению количества остаточного мономера. Сравнительная оценка концентрации ММА в контрольных вытяжках и в вытяжках, полученных после воздействия на образцы средств для очистки протезов, не выявила достоверных отличий ($p > 0,05$).

После трёхсуточного термостатирования в вытяжках из образцов пластмассы «Фторакс», погруженных в контрольные пробирки, концентрация ММА увеличилась до $0,190 \pm 0,018$ мг/л. В вытяжках из образцов, испытывавших моделирование ситуации «погружения на три ночи в гигиенический раствор», концентрация ММА по сравнению с контрольной была меньше на 3,2% и составила $0,184 \pm 0,018$ мг/л.

В контрольных вытяжках из пластмасы БМГО ММА присутствует в концентрации $0,119 \pm 0,002$ мг/л. Контакт образцов с гигиеническим средством снизил концентрацию мономера до $0,114 \pm 0,002$ мг/л, что на 4,2% меньше,

чем в контрольных пробирках. В контрольных вытяжках и в вытяжках, полученных после 18 часового нахождения образцов в растворе гигиенических средств, концентрация ММА соответствовала $0,020 \pm 0,002$ мг/л. После моделирования ситуации погружения акрилового протеза в гигиенический раствор на три ночи выявлено недостоверное снижение ММА в вытяжках из пластмасс «Фторакс» и БМГО ($p > 0,05$). В контрольных и испытуемых вытяжках из пластмассы БЭГО изменения динамики миграции ММА не выявлено.

Содержание ММА в контрольных вытяжках после семи-суточного термостатирования образцов пластмассы «Фторакс» составило $0,280 \pm 0,020$ мг/л. Воздействие гигиенических средств на образцы базисной пластмассы «Фторакс» привело к снижению концентрации мономера на 7,9% до $0,258 \pm 0,022$ мг/л. В контрольных вытяжках из пластмассы БМГО экстрагируемый ММА обнаружен в количестве $0,158 \pm 0,014$ мг/л, в испытуемых вытяжках концентрация ММА снизилась до $0,145 \pm 0,015$ мг/л. Воздействие гигиенических средств снизило концентрацию ММА на 8,2%. Разница количества ММА после семисуточного термостатирования БЭГО составила 7,1% при его концентрации в контрольной вытяжке $0,028 \pm 0,007$ мг/л и в испытуемых вытяжках $0,026 \pm 0,007$ мг/л. Воздействие средств для очистки зубных протезов в течение 42 часов привело к достоверному снижению концентрации ММА в вытяжках из образцов акриловых пластмасс ($p < 0,05$).

В четырнадцатисуточных вытяжках, полученных из контрольных колб, содержащих образцы «Фторакс», концентрация ММА составила $0,320 \pm 0,028$ мг/л. Воздействие на образцы гигиенических средств привело к сни-

жению количества ММА в испытуемых вытяжках на 12,2% до $0,281 \pm 0,028$ мг/л. В контрольных вытяжках из пластмассы БМГО выявлено присутствие ММА в количестве $0,188 \pm 0,022$ мг/л.

Восьмидесятичетырёхчасовое нахождение образцов пластмассы БМГО привело к сокращению концентрации ММА на 11,7% до $0,166 \pm 0,024$ мг/л. В контрольных вытяжках из пластмассы ЭМГО количество ММА соответствовало $0,036 \pm 0,003$ мг/л. Присутствие в колбах, содержащих испытуемые вытяжки, гигиенических средств привело к уменьшению концентрации мономера на 8,33% до $0,033 \pm 0,003$ мг/л.

Средства для очистки зубных протезов, воздействуя в течение 84 часов на образцы акриловых пластмасс, достоверным образом снижают концентрацию ММА в водных вытяжках ($p < 0,05$).

ВЫВОДЫ

Воздействие компонентов средств для очистки зубных протезов на акриловые полимеры с экспозицией, превышающей 40 часов, достоверным образом снижает миграцию метилметакрилата в водные вытяжки.

Вне зависимости от возможности стоматологических больных поддерживать гигиеническое состояние съёмных протезов им следует рекомендовать проведение гигиенических процедур с применением средств для очистки зубных протезов, что снижает миграцию метилметакрилата, характеризующегося выраженным раздражающим и токсическим воздействием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копытов А.А., Московская Н.Б. Воздействие продуктов быстрого приготовления на биоценоз зубодесневого кармана, повреждённого пародонтологической терапией // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011. № 10 (105). С. 231–235.
2. Миняйло Ю.А., Копытов А.А., Поздняков С.Н. Основные этапы развития материалов и методов изготовления базисов съёмных протезов // Клиническая стоматология. 2021. № 1 (97). С. 124–130.
3. Оценка биологического действия медицинских стоматологических материалов и изделий. Классификация и приготовление проб]: ГОСТ 31576–2012.— Введ. 2015–01–01. Москва: Стандартинформ, 2013. 11 с.
4. Юшманова Т.Н., Скрипова Н.В. Клиническое материаловедение. Сплавы металлов и полимерные материалы, применяемые в ортопедической стоматологии: учебное пособие/ Т.Н. Юшманова, Н.В. Скрипова.— Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2020.— 122 с.
5. Юшманова Т.Н., Скрипова Н.В., Поливаная Е.А., Сивков А.Н. Стоматологическое материаловедение: учебное пособие.— Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2019.— 234 с.
6. Gornitsky M, Paradisi I, Landaverde G, Malo AM, Velly AM. A clinical and microbiological evaluation of denture cleansers for geriatric patients in long-term care institutions.// J. Can Dent Assoc. 2002;68:39–45.
7. Jagger D.C, Al-Akham L, Harrison A, Rees J.S. The effectiveness of seven denture cleansers on tea stain removal from PMMA acrylic resin.// Int. J Prosthodont 2002;15:549–552.

© Копытов Александр Александрович (kopitov.aleks@yandex.ru), Юшманова Татьяна Николаевна (yushmanovatn@yandex.ru),

Миняйло Юрий Анатольевич (kopitov.aleks@yandex.ru), Скрипова Наталья Владимировна (snv-nord@yandex.ru),

Тихонов Владимир Николаевич (yushmanowa.tatiana@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТЪЯЗВЕННОГО СТЕНОЗА ПИЛОРИЧЕСКОГО КАНАЛА

LONG-TERM RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF POST-ULCERATIVE STENOSIS OF THE PYLORIC CANAL

**E. Perisaeva
A. Kultchiev**

Summary. The long-term results of resection and organ-preserving methods of surgical treatment of gastric ulcer and duodenal ulcer complicated by pyloroduodenal stenosis were analyzed. The methods of surgical decompensation of scar-ulcer duodenal stenosis, as well as the frequency and nature of postoperative complications and long-term pathological syndromes were compared.

Keywords: pyloroduodenal stenosis, duodenal ulcer, surgical treatment.

Перисаева Элина Акимовна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»

(г. Владикавказ)

perisaeva.elinka@yandex.ru

Кульчиев Ахсарбек Азубеевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»

(г. Владикавказ)

kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы отдаленные результаты резекционных и органосохраняющих методов хирургического лечения язвенной болезни желудка и ДПК, осложненной пилородуоденальным стенозом. Проведена сравнительная оценка способов хирургического лечения декомпенсированного рубцово-язвенного стеноза (ДРЯС) ДПК, а так же частота и характер послеоперационных осложнений и отдаленных патологических синдромов.

Ключевые слова: пилородуоденальный стеноз, язвенная болезнь ДПК, хирургическое лечение.

Актуальность проблемы

Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки является одной из самых распространенных заболеваний желудочно-кишечного тракта среди взрослого населения и нередко ведет к развитию угрожающих жизни осложнений. Одним из таких осложнений является стенозирование выходного отдела желудка и ДПК, который по сводным данным ряда авторов наблюдается в 45–60% случаев [2,8,10]. Подавляющее большинство этих пациентов нуждается в хирургическом лечении. Поэтому проблема хирургической тактики при различных стадиях стеноза приобретают особую актуальность. К сожалению, вопрос о выборе метода и тактики хирургического лечения не решен до сих пор и остается предметом широкой дискуссии [1,2,3,5,6,7,8,11,12]. Все имеющиеся методы подразделяются на 2 группы: резекционные и органосохраняющие методики. Резекция желудка, которая сопровождается относительно высокими цифрами летальности (2–5%), значительным числом ранних послеоперационных осложнений (12–35%) и развитием различных постгастрорезекционных синдромов (25–60%) в отдаленном периоде, а также повышенным риском возникновения рака культи желудка (4–6%), по-прежнему занимает лидирующие позиции в хирургическом ле-

чении язвенной болезни в целом и в особенности ДРЯС ДПК. [4,5]. В течение последних 15–20 лет в лечении осложненных форм ЯБДПК, в том числе и ДРЯС, стали применяться органосохраняющие операции, преимуществами которых являются меньшая травматичность, минимальная летальность, низкая частота развития ранних послеоперационных осложнений и патологических синдромов в отдаленном периоде [2,4,5,9].

Цель исследования

Обоснование выбора хирургической тактики и сравнительная оценка методов хирургического лечения ДРЯС ДПК у данной категории пациентов.

Материалы и методы

Для проведения анализа использован обширный опыт хирургического лечения стенозов (резекций желудка более 1000 операций, различные варианты и органосохраняющих операций с ваготомией – 860) ДПК язвенного генеза дает нам основание отдавать предпочтение дренирующим желудок операциям с СПВ. Кроме того, при наличии ограниченного ряда показаний, у отдельной категории больных, считаем патогенетически обоснованным антрумэктомию со стволовой ва-

готовимей и гастроэнтероанастомоз по Ру — Агеенко. При язвенной болезни желудка и ДПК одним из основных патогенетических условий операции считается сохранение пассажа по ДПК. Однако, в исключительных случаях (сочетание язвенной болезни с выраженными формами функциональной ХДН), вынуждены выключать из пассажа ДПК.

На первом этапе, до 1985 г., по поводу различных форм язвенного стеноза ДПК оперировано 86 больных — I группа.

На втором этапе, с 1986 по 2018 г. с диагнозом хроническая язвенная болезнь осложненная стенозом выполнено 126 операций — II группа.

У второй группы больных количество резекционных вмешательств резко сократилось — до 6. Абсолютное большинство операций составило органосохраняющие с СПВ — 120 (95,2%) из 126 больных в этой группе больных нами выявлено всего 6 резекций желудка, в объеме — антрумэктомия со стволовой ваготомией. Это те случаи, когда нельзя было сохранить пассаж по ДПК — функциональная дуоденальная непроходимость субкомпенсированной и декомпенсированной стадии.

Из дренирующих желудок операций предпочтение отдаем гастродуоденостомии по Финнею, с учетом имеющейся возможности иссечения краев язвы и рубцовой ткани в пределах здоровых тканей, при поражении передней и боковых стенок ДПК, а так же ревизии задней стенки ДПК.

Следует отметить, что процент общих послеоперационных осложнений в группе с органосохраняющими операциями, в два раза меньше по сравнению с резекционными, что подтверждает патогенетическую обоснованность объема выполненных операций.

Такие грозные осложнения, как несостоятельность культи ДПК, анастомоза и послеоперационный панкреатит чаще наблюдали в I группе, после резекции желудка. В этой группе имели место два случая несостоятельности культи ДПК и один — несостоятельность анастомоза после Бильрот-I с одним летальным исходом. Еще один больной погиб от послеоперационного панкреатита, развившегося вследствие попытки закрытия трудной культи с пенетрирующей язвой в головку поджелудочной железы. В I группе имелось 2 (2,3%) летальных случая.

Во II группе подобных тяжелых послеоперационных осложнений не было. Наиболее частым послеоперационным осложнением в этой группе было нагноение раны, что никак нельзя объяснить с характером объема

операции. Характерные для II группы операции осложнения — гастростаз и диарея имели место в единичных случаях и легко купировались медикаментозно.

В I группе больных выбор объема операции не зависел от степени стеноза. В этой группе больных выбор метода резекции в большей степени зависел от надежности культи ДПК и гастродуоденоанастомоза. При оптимальной ситуации пытались выполнить резекцию по Бильрот -I в 12 (14%) случаях. При закрытии «трудной» культи ДПК — гастроэнтероанастомоз по Ру — 21 (24,4%) больной. У абсолютного большинства выполнена резекция по Гофмейстеру — Финстереру — 53 (61,6%) пациента.

Во II группе больных степень выраженности стеноза влияла на выбор метода дренирующей желудок операции. При IV степени стеноза, при резком угнетении перистальтических возможностей стенки желудка, оптимальным считаем широкое соустье между желудком и ДПК по Финнею. Эту методику считаем оптимальной и при сочетании стеноза с пенетрацией язвы в головку поджелудочной железы. При II и III степени стеноза, когда можно сохранить пилорический жом, предпочтение отдавали дуоденопластике с обязательной СПВ. Некоторые ведущие хирурги выполняют дуоденопластику без СПВ. Мы считаем обязательным СПВ в плановой хирургии, при всех органосохраняющих операциях язвенной болезни ДПК.

В этой группе (II) было выполнено 6 антрумэктомий с стволовой ваготомией по «вынужденным» показаниям — ХДН III — IV ст.

Таким образом, у абсолютного большинства больных во II группе выполнена операция Финнея с СПВ (72,3%). Пилоропластика по Гейнеке — Микуличу выполнена у 8 (6,3%) больных при II степени стеноза.

В табл. 1 (I группе) отражены функциональные и органические изменения выявленных в отдаленном периоде после резекционных операций. Как видно из данной таблицы, абсолютное большинство (67,2%) пациентов, после различных, резекционных желудок операций, имеют различные патологические состояния. Из них — у 7,8% рецидив язвенной болезни. Из резекционных желудок методов операций наихудшие результаты получены после операции Гофмейстера — Финстерера. У 97,5% пациентов отмечены разные патологические состояния.

В таблице 1 особо следует обратить внимание на тот факт, что после резекции желудка, по Гофмейстеру — Финстереру в отдаленном периоде нет пациентов, которые чувствуют себя абсолютно здоровыми.

Таблица 1. (I – группа). Отдаленные результаты

Патологическое состояние	Результат операции			Всего (64)
	Г.— Ф. (41)	по Ру (14)	Б — I (9)	
Рецидив язвы	4 (9,7)	1	-	5 (78%)
Демпинг синдром	7 (17%)	-	-	7 (17%)
Синдром приводящей петли	2	-	-	2
Желудочный дискомфорт	12 (30%)	2	-	14 (22%)
Вегетоастенический синдром	10 (24%)	-	1	11 (17%)
Железодефицитная анемия	3 (7,3%)	-	1	4 (9,4%)
Итого	38 (97,5%)	3 (21,4%)	2 (22,2%)	43 (67,2%)

Таблица 2. (II – группа). Отдаленные результаты

Патологическое состояние	Операция				Всего (83)
	Финнея, с СПВ — 51	Гейнеке Микуличу, СПВ — 6	Дуоденопластика, СПВ — 21	Антрум эктомия, СТВ, Ру. — 6	
Рецидив язвы	2	-	-	-	2(2,4)
Демпинг синдром легкой степени	1	1	-	-	2
Диарея	1	-	-	-	1
Желудочный дискомфорт	4	1	1	1	7 (8,3%)
Рубцовый стеноз анастомоза	-	-	1	-	1
Вегетоастенический синдром	4	-	-	1	5
Итого	12 (23,5%)	2	2	2	18 (21,6%)

Во II группе больных (табл. 2) отдаленные результаты более благоприятны по сравнению с I группой. Как видно из таблицы № 2, разные патологические состояния после органосохраняющих желудок операций с СПВ, выявлено у 21,6%. По сравнению с I группой — в 3 раза меньше. Из них рецидив язвы в 2,4%. Наиболее частым патологическим состоянием в этой группе является желудочный дискомфорт у 8,3%.

Таким образом, наглядно видно, что у абсолютного большинства больных 78,4% после органосохраняющих желудок операций с СПВ в отдаленном периоде не выявлено патологическое состояние. У 2,4% имеется рецидив язвенной болезни.

Сегодня результаты любых хирургических операций оцениваются по отдаленным результатам, основываясь на качестве жизни пациента. С этих позиций нами изучены полученные отдаленные результаты выполненных операций в разных группах больных.

Оценка качества жизни больных в отдаленном периоде

Полученные отдаленные результаты любых операций с позиции доказательной медицины, должны отра-

жать качество жизни пациента. С этих позиций нами изучены отдаленные результаты по классификации Visick, опросник и DDQ — 15 в отдаленном периоде, в сроки от 3 до 30 лет.

После резекционных операций (I – группа) в отдаленные сроки качество жизни определено у 64 пациентов и у 83 во II группе.

Мы провели анкетирование всех 147 больных перенесших операции на желудке, по обоим опросникам и классификации Visick.

Согласно проведенным расчетам, среднее значение индекса DDQ — 15 для здоровых лиц составляет — 4,13, ИКЖФХК — 124,1±5,4 балла, а в группах с «отличными» и «хорошими» результатами операции следует относить с величиной индекса DDQ — 15 более — 3,41, ИКЖФХК — более 100 баллов.

В этой группе пациентов лишь у 27,3% пациентов отдаленные показатели качества жизни можно признать приемлемыми, в то время как у абсолютного большинства (72,7%) качество жизни нельзя признать хорошим. И лишь у 2 (3,1%) пациентов оно признано отличным.

Таблица 3. Отдаленные результаты резекционных и органосохраняющих операций в сочетании с ваготомией.

Результат	I — группа (резекция желудка)		II — группа (органосохраняющая операция + ваготомия)	
	Абс.	%	Абс.	%
Отличный			60	72,8
Хороший	17	26,2	11	12,0
Удовлетворительный	33	52,0	9	11,6
Плохой	14	21,9	3	3,6
Итого	64	100	83	100

Качество жизни по DDQ — 15 у больных перенесших резекции желудка близка по показателям качества ИК-ЖФХК — хорошее и отличное качество жизни выявлено у 32,5% пациентов. У большинства пациентов зафиксировано удовлетворительное качество жизни (42,1%) Следует отметить, что у абсолютного большинства (67,5%) пациентов качество жизни по DDQ — 15 нельзя признать приемлемым.

Отличные и хорошие показатели качества по ИК-ЖФХК получено у 74,7% пациентов в отдаленные сроки после ваготомии с органосохраняющим и органощадящим операциями на желудке. Удовлетворительные результаты получения у 19,2% пациентов. И у 6,1% результаты признаны плохими.

У большинства пациентов 46,2% получены хорошие результаты качества жизни, отличные у 28,8%, удовлетворительные у 21,4% и лишь у 3,6% плохие. Для большей объективности полученных отдаленных результатов выполненных операций на желудке, нами они оценены и по классификации Visick (1948) — таблица № 3

Секреторная функция желудка в отдаленном периоде, после резекционных операций.

При изучении отдаленных результатов операций на желудке необходимо оценить прежде всего его секреторную функцию.

В I группе больных (после резекционных желудок операций) в отдаленном периоде секреторная функция желудка изучена у 32 больных, следует отметить, что после резекции желудка, особенно после операции Гофмейстера — Финстерера получить достоверные показатели секреции желудка сложно.

Во II группе больных (с органосохраняющими операциями с ваготомией) секреторная функция изучена у 40 пациентов.

Результаты и их обсуждение

Непосредственные результаты резекционных методов хирургического лечения стенозирующих язв ДПК сопровождались более частыми осложнениями и наименее хорошими результатами по сравнению с органосохраняющими операциями с ваготомией.

Летальность после резекционных желудок операций составила 2,3%, после органосохраняющих с ваготомией летальных случаев не было.

Общее число послеоперационных осложнений (53,3%) наблюдалось чаще в группе больных перенесших резекцию желудка по сравнению с органосохраняющими операциями (23,1%). После резекции желудка по Гофмейстеру — Финстеренру и по Бильрот — I наблюдали несостоятельность швов с одним летальным исходом. В этой же группе больных у 5 развилась картина послеоперационного панкреатита, у 4-х средней степени тяжести, купированная медикаментозной терапией, у одного развился инфицированный панкреонекроз с летальным исходом.

Одним из характерных для операций на желудке послеоперационных осложнений является гастростаз. В группе с органосохраняющими операциями и ваготомией гастростаз развился у 4,8%, после резекционных операций — у 10,4%.

Из дренирующих желудок операций предпочтение отдавалось гастродуоденостомии по Финнею.

Отдаленные результаты изучены в сроки от 3 до 30 лет после операций

В I группе из 84 выписанных после резекций желудка в отдаленные сроки удалось обследовать 64 больных. Из них у 43 (67,2%) выявлены различные патологические состояния (таб.1) Рецидив язвы — 5 (7,8%), демпинг синдром средней степени — 7 (10,9%), желу-

дочный дискомфорт — 14(22,6%) вегетоастенический синдром — 11 (17%) и железодефицитная анемия — 4 (9,4%). В этой группе только у 21 (31,3%) пациентов не выявлено патологических состояний.

В II группе пациентов, перенесших органосохраняющие и органощадящие операции с ваготомией, обследовано 83 пациента. У 18 (21,6%) из них (табл. 2) выявлены различные патологические состояния. Рецидив язвы — 2 (2,4%), демпинг синдром — 2 (2,4%). Наиболее частым симптомом в этой группе был желудочный дискомфорт — 7 (8,3%). В этой группе имели одно серьезное осложнение в отдаленном периоде. У одной больной через 2 года после дуоденопластики, СПВ развился стеноз II — III степени анастомоза. При этом у нее не было рецидива язвы. Рубцевание анастомоза шло без язвенного процесса, вследствие технических погрешностей выполнения дуоденопластики. Этой больной выполнен гастродуоденоанастомоз по Финнею с хорошими отдаленными результатами в течение 12 лет.

Сравнение отдаленных результатов после операции Финнея (51) и дуоденопластики (21), по клиническим и рентген — эндоскопическим критериям, преимущество какой либо методики выявлено не было. Единственное, что отмечено, в первые 2–3 года после операции заброс содержимого из ДПК в желудок чаще отмечается после операции по Финнею. Через 3 года разница по результатам этих методик практически нивелируется.

Качество жизни после резекционных операций показано на таблице 3, у абсолютного большинства пациентов оно признано удовлетворительным и плохим (73%).

В группе больных с органосохраняющими вмешательствами с СПВ качество жизни в отдаленном периоде у 72,8% признано высоким и у 21,4 удовлетворительным-11,6% и плохим у 3,6%.

Полученные показатели кислотопродуктивной функции желудка в отдаленном периоде выявили, что у больных с отличными и хорошими отдаленными результатами было нормацидное состояние желудочной секреции, не зависимо от объема операции на желудке.

У больных с удовлетворительными результатами операции отмечено резкое угнетение секреторной функции желудка.

И у больных с плохими результатами операции (рецидив язвы) выявлено повышение, как в базальной фазе, так и в стимулированной фазе секреции.

Таким образом, у больных перенесших различные операции на желудке по поводу язвенной болезни, результаты операции в отдаленном периоде коррелируются с показателями желудочной фазы секреции. У больных с хорошими отдаленными результатами выявлено — нормацидное состояние желудочной секреции. При плохих результатах, с рецидивами язвы, у всех выявлена гиперсекреция желудочного сока.

При этом, лучшие отдаленные результаты получены после органосохраняющих операциях с СПВ.

ВЫВОДЫ

Резекционные методы лечения ДРЯС ДПК сопровождаются большим числом ранних послеоперационных осложнений, отдаленных патологических синдромов, более высоким процентом летальных исходов по сравнению с органосохраняющими, поэтому, у этой категории больных, в функциональном плане эти вмешательства патогенетически менее выгодны и должны выполняться по строгим и индивидуальным показаниям.

Из дренирующих желудок операций при стенозе пилородуоденального канала наиболее предпочтительной является операция Финнея с СПВ.

При постбульбарном стенозе ДПК патогенетически наиболее обоснована дуоденопластика по В.И. Оноприеву с СПВ.

Таким образом, на основании представленного выше материала можно предложить, что при стенозирующей язве пилородуоденального канала органосохраняющие операции с СПВ дают в абсолютном большинстве случаев хорошие непосредственные и отдаленные результаты.

Систематический обзор на основе принципов доказательной медицины, проведенный Бебуришвили А.Г. и соавт. показывает, что рандомизированные клинические исследования (РКИ), имеют определенные изъяны, не позволяющие окончательно регламентировать подходы по лечению пилородуоденального стеноза язвенной этиологии [2]. В рамках доказательной медицины выводы и практические рекомендации по лечению язвенного пилородуоденального стеноза могут быть сформулированы по результатам отдельных РКИ и заключаются в следующем: при выборе способа оперативного лечения необходимо дифференцировать расположение язвенного дефекта, поскольку наиболее часто осложняются стенозированием язвы пилорического канала и препилорические язвы (уровень доказательности 1); чем ниже располагается язвенный дефект, тем

более эффективными являются селективные варианты ваготомии; при пилорической и препилорической язве рецидив после стволовой ваготомии наблюдается реже (уровень доказательности 1); селективные способы ваготомии без дренирующих вмешательств возможны только при «функциональном» стенозе, на фоне обострения язвенной болезни (уровень доказательности 1); при «органическом» стенозе селективные варианты ваготомии возможны (вероятность возникновения постваготомической диареи снижается), но менее целесообразны, так как приходится дренировать желудок (уровень доказательности 1); дренировать желудок после ваготомии

возможно как путем пилоропластики, так и с помощью гастроэнтеростомии (уровень доказательности 1); при пилородуоденальном язвенном стенозе пилоропластику лучше делать по Финнею, а не по Гейнике-Микуличу (уровень доказательности 1); ваготомия (стволовая или селективные способы), сочетанная с антрумэктомией, дает меньшую частоту рецидива язвенной болезни, чем ваготомия, дополненная пилоропластикой (уровень доказательности 1); при восстановлении целостности желудочно-кишечного тракта после антрумэктомии предпочтительнее отдавать методике Ру или Бильрот I (уровень доказательности 1)[2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакимян В.А. Язвенная болезнь (вопросы патогенеза)// Кубанский научный медицинский вестник.2007.-№ 4–5.С.12–17.
2. Бебуришвили А.Г., Федоров А.В., Сажин В.П., Панин С.И., д. м. н., проф. Зюбина.-Хирургическое лечение язвенного пилородуоденального стеноза// Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова 2019, № 4, с. 94–99
3. Бойко В.В., Ткач С.В., Грома В.Г., Шевченко А.Н., Лыхман В.Н., Багиров Н.В. — Оптимизация хирургического лечения пилородуоденальных стенозов язвенной этиологии//Вестник хирургии Казахстана 2013.-№ 2. С. 32–37
4. Горбунов В.Н. Осложненные гигантские пилородуоденальные язвы: клиническая картина, диагностика, хирургическое лечение. Горбунов В.Н., Нагиев Э.Ш., Столярчук Е.В. // Вестник хирургической гастроэнтерологии. — 2009. — № 3 — С. 63–69.
5. Дурлештер В.М., Дидигов М.Т. — Анализ результатов и сравнительная оценка лечения декомпенсированного рубцово-язвенного стеноза двенадцатиперстной кишки.
6. Кузин Н.М. Селективная проксимальная ваготомия с дуоденопластикой в лечении дуоденальных стенозов у больных язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки. Кузин Н.М., Алимов А.Н. // Хирургия. — 1997. — № 4. — С. 38–43.
7. Кузин Н.М. Эффективность хирургического лечения дуоденальной язвы. Кузин Н.М., Крылов Н.Н. // Хирургия. — 1999. — № 1. — С. 17–20.
8. Кульчиев А.А., Морозов А.А., Тедеев С.У., Галачиев С.М., Дзбоев Д.М. Хирургическое лечение рубцово-язвенного тсеноза пилородуоденального канала//Вестник хирургической гастроэнтерологии. 2015. № 3–4. С. 62–70.
9. Лобанков В.М. Хирургия язвенной болезни на рубеже XXI века. // Хирургия. — 2005. — № 1. — С. 58–64.
10. Окоемов М.Н. Сравнительная характеристика эффективности операций при язвенном пилородуоденальном стенозе. Окоемов М.Н., Кузин Н.М., Крылов Н.Н. // Хирургия. — 2002. — № 5. — С. 26–29.
11. Оноприев В.И. Дуоденопластика — новый тип дренирующей операции при селективной проксимальной ваготомии у больных со стенозирующими язвами двенадцатиперстной кишки. Оноприев В.И., Замулин Ю.Г., Сиухов Ш.Т. // Всероссийская научная практическая конференция хирургов. Тезисы докл. Саратов 1980. — С. 239–240
12. Yamaguchi T., Ichikawa D., Kurioka H. et al. Postoperative clinical evaluation following pyloruspreserving gastrectomy // Hepatogastroenterology. — 2004. — Vol. 51, № 57. P. 883–886.

© Перисаева Элина Акимовна (perisaeva.elinka@yandex.ru), Кульчиев Ахсарбек Агубеевич (kulchiev.ahsarbek@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПРОЯВЛЕНИЯМИ КРАСНОГО ПЛОСКОГО ЛИШАЯ НА СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКЕ ПОЛОСТИ РТА

Серикова Ольга Васильевна

К.м.н., ассистент, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко
natasable@yandex.ru

PHYSICAL METHODS IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH MANIFESTATIONS OF LICHEN PLANUS ON THE ORAL MUCOSA

O. Serikova

Summary. Lichen planus is classified as a chronic recurrent dermatosis with unspecified etiopathogenesis, a variety of trigger factors, a severe, often permanent course, a tendency to malignancy of the lesion elements, and refractoriness to treatment. The development of effective methods for the treatment of severe forms of lichen planus of the oral mucosa, refractory to corticosteroids, is an important clinical problem. The inclusion in the complex treatment of such methods as ozone therapy and photophoresis in patients with manifestations of lichen planus on the oral mucosa allowed the author to accelerate the timing of epithelization of erosive and ulcerative elements and achieve stable remission of the disease. Positive results of treatment of 85 patients allowed us to recommend the use of physical methods in the complex therapy of manifestations of lichen planus on the oral mucosa.

Keywords: oral mucosa, lichen planus, physiotherapy, ozone therapy, photophoresis.

Аннотация. Красный плоский лишай классифицируют как хронический рецидивирующий дерматоз с неуточненным этиопатогенезом, многообразием триггерных факторов, тяжелым, часто перманентным течением, тенденцией к озлокачеству элементов поражения, рефрактерностью к проводимому лечению. Разработка эффективных методик лечения тяжелых форм красного плоского лишая слизистой оболочки рта, рефрактерных к кортикостероидам, является важной клинической проблемой. Включение в комплексное лечение таких методов, как озонотерапия и фотофорез у пациентов с проявлениями красного плоского лишая на слизистой оболочке рта, позволило автору ускорить сроки эпителизации эрозивно-язвенных элементов и добиться стойкой ремиссии заболевания. Положительные результаты лечения 85 пациентов позволили рекомендовать к использованию физические методы в комплексной терапии проявлений красного плоского лишая на слизистой оболочке рта.

Ключевые слова: слизистая оболочка рта, красный плоский лишай, физиотерапия, озонотерапия, фотофорез.

Введение

Красный плоский лишай (хронический рецидивирующий дерматоз с неуточненным сложным этиопатогенезом) многие специалисты рассматривают как мультифакторное заболевание, при котором эндогенные и экзогенные факторы могут играть определенную роль в формировании, характере течения и исходе патологического процесса [1, 2, 3, 4, 5]. Слизистая оболочка рта — наиболее частая локализация заболевания.

Актуальными задачами являются поиск и разработка таких новых методов лечения красного плоского лишая слизистой оболочки рта, которые характеризовались бы высокой эффективностью, малым количеством осложнений и побочных явлений, обеспечивая длительную ремиссию заболевания.

Активное совершенствование немедикаментозных способов терапии красного плоского лишая (КПЛ) слизистой оболочки рта (СОП) приобрело особенно большое значение в связи с возрастанием побочных эффектов, противопоказаний и токсико-аллергических реакций при применении различных медикаментозных средств, используемых в лечении данного заболевания.

Анализ приоритетов развития современной медицины свидетельствует о неуклонном возрастании удельного веса лечебных физических факторов в структуре видов медицинской помощи. Подтверждением этого явилось включение методов физиотерапии в стандарты оказания первичной медико-санитарной помощи в соответствии со статьей 37 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» у больных с различной патологией [6].

В научной литературе имеются многочисленные данные о применении различных физических методов в лечении КПЛ, в том числе слизистой оболочки рта. Однако, учитывая тот факт, что большинство больных КПЛ СОР имеют в анамнезе коморбидную патологию (сердечно-сосудистую, эндокринную и другие), применение многих физических факторов в программе лечения ограничено определенными противопоказаниями к их использованию [7].

В связи с этим возникает необходимость поиска новых простых, доступных и безопасных методов лечения с минимальным количеством побочных эффектов и противопоказаний при тяжелых формах КПЛ СОР.

Физические методы лечения, как правило, способны не только исключить или существенно образом сократить потребность в применении различных лекарственных препаратов системного действия, но, и, воздействуя на различные звенья патологического процесса, способствовать регуляции нарушенного гемостаза, активации защитных сил организма [6, 8, 9].

Перспективным направлением комплексного, с использованием физиотерапии, лечения пациентов с проявлениями красного плоского лишая на слизистой оболочке рта является использование озона. Озонотерапия оказывает антибактериальное, противовирусное, фунгицидное, противовоспалительное, иммуномодулирующее, цитостатическое и анальгезирующее действие. Низкие концентрации озона способствуют эпителизации и заживлению раневых поверхностей [10, 11]

Альтернативным физическим фактором, активно применяющимся в медицине, является свет различной длины волны. Заслуживают внимания разработанные в последние годы источники светодиодного излучения красного цвета (СДИКЦ), работа которых основана на применении «мягкого» воздействия на биологические ткани. Красный свет от светодиодов в физиотерапевтических аппаратах и лампах имеет достаточно большую плотность мощности излучения, поэтому в механизме лечебного действия его можно сравнивать с красным лазерным излучением. Достоверно установлена сопоставимость биологического и клинического эффекта лазерного излучения и некогерентного монохроматического света [12, 13, 14].

Многие ученые отмечают, что применение светотерапии в сочетании с медикаментозными препаратами (фотофорез), производя минимальный повреждающий эффект и оказывая явную пользу в лечении аутоиммунных заболеваний, демонстрирует четкие преимуще-

ства по сравнению с химиотерапевтическими методами и использованием иммунодепрессантов [15].

В последнее время актуализируются перспективы комплексного воздействия различными физическими факторами — в сочетании или комбинированно. Комбинированная физиотерапия представляет последовательное (разновременное) воздействие физическими факторами в течение одного курса лечения. Сочетанное и комбинированное использование физических факторов (или сочетанная физиотерапия) получило в последнее время бурное развитие в медицине, а разработка таких новых методов физиотерапии является одним из перспективных путей оптимизации и развития физических методов лечения [16, 17, 18, 19].

Цель исследования

Повышение качества лечения пациентов с проявлениями красного плоского лишая на слизистой оболочке рта на основе применения физических методов в комплексной терапии.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели исследования клинические наблюдения были выполнены у 85 пациентов с проявлениями тяжелого течения осложненных форм красного плоского лишая на слизистой оболочке рта.

Критерии определения тяжелого течения осложненных форм КПЛ на СОР включают следующие факторы:

1. осложненные экссудативно-гиперемическая или эрозивно-язвенная формы заболевания;
2. степень выраженности боли от 4–7 баллов по визуально-аналоговой шкале (ВАШ);
3. непрерывно-рецидивирующий характер течения (обострение заболевания в пределах одного месяца после окончания лечения).
4. резистентность к проводимому традиционному лечению;
5. сумма баллов по шкале оценки качества жизни пациентов с проявлениями заболевания в полости рта ОНIP-14 более 20.

Внутриструктурный анализ проявлений КПЛ на СОР показал, что тяжелое непрерывно-рецидивирующее течение осложненных форм диагностировано у 85 пациентов. Чаще подобный вариант течения отмечался при эрозивно-язвенной форме заболевания (50 человек, 58,8% от числа больных тяжелой формой КПЛ), экссудативно-гиперемическая форма при тяжелом течении была выявлена у 35 лиц (41,2%). Среди пациентов,

страдающих тяжелым течением проявлений осложненных форм болезни, преобладали лица женского пола — 79 (93,0%) пациентов. Лица мужского пола составили 6 человек (7,0%) среди обследованных пациентов.

Данные, полученные в результате обследования больных, вносились автором в специальные, успешно апробированные на практике, индивидуальные карты-вкладыши больных с заболеваниями СОР (первичный и повторный осмотр), подтвержденные рацпредложением № 1607 от 07.04.16.

В зависимости от комплекса проводимых лечебных процедур все пациенты с тяжелым течением проявлений заболевания были распределены на 4 группы:

- ◆ I группа (контрольная) включала 22 человека, в том числе 20 женщин в возрасте от 45 лет до 75 и двух мужчин 48 и 65 лет, которым проводили традиционное медикаментозное лечение;
- ◆ II группа основная включала 21 человека, в том числе 20 женщин в возрасте от 47 до 74 лет и одного мужчину 63 лет, которым проводили комплексное лечение с применением озонотерапии, используя аппарат «Prozone» австрийской фирмы «W&H»;
- ◆ III группу основную составили 20 лиц, в том числе 18 женщин в возрасте от 40 лет до 70 и двое мужчин 56 и 72 лет, которые получали комплексное лечение с применением фотофореза светодиодного излучения красного цвета (СДИКЦ) и высокоактивного топического стероида (Адвантан);
- ◆ IV группа основная включала 22 пациента, в том числе 20 женщин в возрасте от 45 лет до 75 и двух мужчин 55 и 69 лет, которым проводилось комплексное лечение с применением комбинированной физиотерапии (озонотерапия и фотофорез).

В каждой группе были выделены две подгруппы в соответствии с клиническими формами заболевания: подгруппа А с проявлениями эрозивно-язвенной (ЭЯФ) формы КПЛ, подгруппа В с проявлениями экссудативно-гиперемической (ЭГФ) формы КПЛ.

Выделенные группы пациентов были сопоставимы по возрасту, полу, показателям общесоматического здоровья и формам заболевания.

Эффективность физических методов в комплексной терапии тяжелых форм КПЛ СОР и ККГ оценивали по следующим параметрам: динамика болевых ощущений в полости рта по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ); изменение симптомов воспаления СОР (наличие отека и гиперемии); сроки эпителизации эрозивно-язвенных элементов; осложнения от применяемого лечения.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе комплексной терапии больных с тяжелыми формами КПЛ СОР положительные изменения клинической картины были отмечены во всех группах исследования.

Если до лечения все больные тяжелыми формами КПЛ предъявляли жалобы на интенсивные болевые ощущения (4–5 баллов по ВАШ) и чувство жжения в полости рта, то под влиянием комплексного лечения на 5-й день интенсивность боли и жжения резко снизилась во всех группах.

Комплексное лечение с использованием физических методов способствовало не только снижению или полному купированию болевых ощущений и жжения у пациентов, но и уменьшению остроты симптомов воспаления СОР, проявлявшихся в виде отека и гиперемии слизистой оболочки у 100% больных тяжелыми формами КПЛ СОР и до лечения.

Наиболее выраженный противовоспалительный эффект оказывает лечение КПЛ СОР комбинированной физиотерапией с использованием озона и фотофореза топических стероидов (подгруппы IVA и IVB), что выразилось в устранении воспалительной реакции слизистой оболочки в более короткие сроки и у большей доли больных по отношению к группе сравнения и группам исследования II и III.

Физические методы в комплексном лечении тяжелых форм КПЛ СОР способствовали стимуляции регенерации слизистой оболочки в очагах поражения при ЭЯФ, что проявлялось уменьшением эрозивно-язвенных очагов и эпителизацией патологических элементов. Динамику процессов регенерации оценивали по уменьшению размеров язв и эрозий в процессе лечения, процессу и срокам их окончательной эпителизации, изменению цитологических показателей.

На пятые сутки лечения средние размеры дефектов уменьшились до 50% от исходного состояния, на 7–8 сутки — до 35%, на 10–12 сутки — до 10%.

Динамика процесса заживления эрозивно-язвенных элементов СОР в группах исследования оценивалась по количеству больных с признаками эпителизации при контрольных осмотрах.

При осмотре по окончании курса терапии через 30 дней полная эпителизация патологических элементов СОР была установлена у 9 человек (75,0%) в группе

IA, у 13 (100%) пациентов в группе IIA, у 11 пациентов (100%) в группе IIIA, у 12 человек (100%) в группе IVA.

Процесс эпителизации эрозивно-язвенных элементов при ЭЯФ у больных с тяжелыми формами КПЛ СОР и ККГ наиболее активно протекал при использовании в комплексном лечении комбинированной физиотерапии (озонотерапия и фотофорез топических стероидов). Заживляющий эффект комбинированной физиотерапии был особенно выражен при одиночных эрозиях и язвах на слизистой оболочке рта и красной кайме губ.

Сокращение сроков эпителизации отмечено в группах II, III и особенно IV (подгруппы А) по сравнению с группой сравнения (IA). Таким образом, применение физических методов в комплексном лечении КПЛ СОР способствует ускорению заживления эрозивно-язвенных элементов при тяжелых формах КПЛ СОР. В группе IA у трех больных с генерализованным поражением СОР (вовлечение в патологический процесс более трех зон поражения СОР) полная эпителизация всех эрозивно-язвенных элементов не наступила.

Все пациенты хорошо переносили физические методы лечения. Побочных явлений во время и после проведения процедур не наблюдалось.

Для оценки результатов лечения использовали следующие критерии:

- ◆ «ремиссия» — полный регресс клинических проявлений КПЛ СОР;
- ◆ «значительное улучшение» — это трансформация экссудативно-гиперемической формы в типичную, а эрозивно-язвенной — в экссудативно-гиперемическую;

- ◆ «улучшение» — сокращение размеров эрозий и уменьшение воспалительных явлений;
- ◆ «без эффекта» — сохранение воспалительных явлений и эрозивно-язвенных элементов на слизистой оболочке рта и красной каймы губ и субъективных ощущений (болезненность, невозможность приема пищи).
- ◆ «ухудшение» — увеличение числа и размеров элементов поражения СОР, усиление субъективных ощущений, переход в более тяжелую форму.

Состояние ремиссии, значительного улучшения и (или) улучшения оценивали, как положительный терапевтический эффект. Состояния «без эффекта» и «ухудшение» ни у одного больного из всех групп наблюдения не было выявлено.

Наилучшие результаты лечения тяжелых форм КПЛ СОР получены при использовании комбинированной физиотерапии в подгруппах IVA, IVB.

Заключение

Таким образом, положительная динамика клинической картины в процессе лечения обосновывает целесообразность включения физических методов в схему терапии пациентов с тяжелыми проявлениями КПЛ на слизистой полости рта. Наилучший клинический эффект наблюдался у больных с экссудативно-гиперемической формой КПЛ СОР в группе, где в комплексное лечение была включена комбинированная физиотерапия (озон и фотофорез топических стероидов), что позволяет рекомендовать данную методику для внедрения в клиническую практику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молочков В.А., Сухова Т.Е., Молочкова Ю.В. Клинические особенности красного плоского лишая // Клиническая дерматология и венерология. 2013. № 4. С. 34–42.
2. Дерматовенерология: национальное руководство / Ассоциация медицинских обществ по качеству; под редакцией: Ю.К. Скрипкина, Ю.С. Бутова, О.Л. Иванова. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 896 с. ISBN978–5–9704–2051–5.
3. Лукиных Л.М., Тиунова Н.В. Современные представления об этиопатогенезе красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта // Современная стоматология. 2013. Т. 57, № 2. С. 18–20.
4. Рабинович О.Ф., Рабинович И.М., Бабиченко И.И. Красный плоский лишай слизистой оболочки рта. Москва: Российская академия наук, 2018. 80 с. ISBN978–5–906906–36–6.
5. Заболевания слизистой оболочки полости рта: методы диагностики и лечения / О.С. Гилева [и др.] // Dental Forum. 2019. № 1 (72). С. 27–36.
6. Физическая и реабилитационная медицина. Национальное руководство / Г.Н. Пономаренко, П.В. Антипенко, Г.Р. Абусева; под редакцией Г.Н. Пономаренко. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 688 с. (Серия «Национальные руководства»). ISBN978–5–9704–1184–1.
7. Коморбидность при красном плоском лишае / Н.А. Слесаренко [и др.] // Клиническая дерматология и венерология. 2014. № 5. С. 4–10.
8. Блашкова С.Л., Фазылова Ю.В. Особенности гигиенического ухода у пациентов с проявлениями дерматозов на слизистой оболочке рта // Пародонтология. 2018. Т. 23, № 2 (87). С. 53–57.
9. Абрамович С.Г. Фототерапия. Иркутск: РИО ФГБУ «НЦРВХ» СОРАМН, 2014. 200 с. ISBN978–5–98277–172–8.
10. Орехова Л.Ю. Клинический опыт применения озонотерапии в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта // Пародонтология. 2013. № 3: С. 41–45.

11. Dvorak V. Использование озона в стоматологии // Новое в стоматологии. 2005. № 5. С. 82–86.
12. Лесных Н.И., Кунин В.А. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения и монохроматического красного света для лечения воспалительных состояний слизистой оболочки полости рта и пародонта в клинике ортопедической стоматологии: методические рекомендации. Воронеж, 2004. 22 с.
13. Применение модулированного красного света в клинике ортопедической стоматологии на этапе адаптации тканей протезного ложа к изготовленным съёмным зубным протезам / В.А. Кунин [и др.] // Стоматология славянских государств: труды VII Международной научно-практической конференции. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2014. С. 197–201.
14. Jajarm H., Falaki F., Mahdavi O. A comparative pilot study of low intensity laser versus topical corticosteroids in the treatment of erosive-atrophic oral lichen planus // Photomed. Laser Surg. 2011. V. 29 (6): P. 421–425. <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/pho.2010.2876>.
15. Efficacy of laser phototherapy in comparison to topical clobetasol for the treatment of oral lichen planus: a randomized controlled trial / C.S. Dillenburg [et al.] // Journal of biomedical optics. 2014. Vol. 19, № 6. P. 68. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.19.6.068002>.
16. Улащик В.С. Физиотерапия. Новейшие методы и технологии: справочное пособие. Минск: Книжный Дом, 2013. 446 с. — ISBN978–985–17–0635–4.
17. Миненков А.А. Сочетание физических факторов при различных заболеваниях: пособие для врачей. // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. 2006. № 1. С. 47–51.
18. Elewa R., Altenburg A., Zouboulis C. Recalcitrant severe erosive cutaneous lichen planus treated with extracorporeal photopheresis monotherapy // Br. J. Dermatol. 2011. 165 (2). P: 441–443. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2011.10378.x>.
19. Комбинированная физиотерапия в лечении тяжелых форм красного плоского лишая слизистой оболочки рта / О.В. Серикова [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация. 2019. № 42 (1). С. 91–98.

© Серикова Ольга Васильевна (natasable@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко

ОСОБЕННОСТИ АНАМНЕЗА, СОСТОЯНИЯ СОМАТИЧЕСКОГО И ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ЖЕНЩИН С МЕНОПАУЗАЛЬНЫМ МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

FEATURES OF THE ANAMNESIS, THE STATE OF SOMATIC AND GYNECOLOGICAL HEALTH OF WOMEN WITH MENOPAUSAL METABOLIC SYNDROME

Z. Shulukian

Summary. Introduction. In recent years, there has been an increased interest of researchers in the problems of the development of metabolic syndrome (MS) in menopausal women, due to the high risk of developing cardiovascular complications and type 2 diabetes mellitus. There are the following factors that contribute to the development of MS: genetic predisposition, sedentary lifestyle, low socio-economic status, peculiarities of eating behavior. Despite a fairly broad discussion of the development of MS, the issues of pathogenesis and conditions that contribute to the formation of MS continue to be discussed.

The aim of the study is to identify somatic and gynecological pathology that forms risk factors for the development of menopausal metabolic syndrome in women.

Methods. To achieve this goal, we examined 184 women aged 54.2 (0.5) years who were in menopause before 5 years. Of these, 87 were diagnosed with menopausal metabolic syndrome — they made up the main group. The comparison group consisted of 97 menopausal women without metabolic syndrome. The groups were comparable in terms of social status, level of education and nature of work activity.

Results and discussion. Risk factors for the development of menopausal metabolic syndrome were identified. It was found that of the gynecological diseases suffered, the most significant were SPMN and endometrial polyps. Of the somatic diseases suffered, the most important were diseases of the nervous system, in particular astheno-vegetative syndrome, hypertension, pathology of the cardiovascular system. Obesity was less significant than the listed conditions.

Conclusion. Obesity, although it is one of the manifest forms of manifestation of the syndrome, does not play a leading role in the formation of pathology of the cardiovascular system or the development of type 2 diabetes, as the most threatening complications and extreme forms of MS. Menopausal symptoms, often accompanying menopause, should also be differentiated from the clinical manifestations of MS and those diseases that accompany or complicate the existing pathology during this period of a woman's life.

Шулюкян Зенюр Егизаровна

Соискатель, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» МЗ РФ
zoyka_13@mail.ru

Аннотация. Введение. В последние годы возрос интерес исследователей к проблемам развития метаболического синдрома (МС) у женщин в менопаузе, обусловленный высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений и сахарным диабетом 2 типа. Выделяют следующие факторы, способствующие развитию МС: генетическая предрасположенность, малоподвижный образ жизни, низкий социально-экономический статус, особенности пищевого поведения. Несмотря на достаточно широкое обсуждение вопросов развития МС, вопросы патогенеза и состояний, способствующих формированию МС — продолжают дискутироваться.

Цель исследования — выделить соматическую и гинекологическую патологию, формирующую факторы риска развития менопаузального метаболического синдрома у женщин.

Методы. Для выполнения поставленной цели нами было обследовано 184 женщины в возрасте 54,2(0,5) лет, находившихся в менопаузе до 5 лет. Из них у 87 был диагностирован менопаузальный метаболический синдром — они составили основную группу. Группу сравнения составили 97 женщин в менопаузе без метаболического синдрома. Группы были сопоставимы по социальному положению, уровню образования и характеру трудовой деятельности.

Результаты и обсуждение. Были выделены факторы риска развития менопаузального метаболического синдрома. Установлено, что из перенесенных гинекологических заболеваний наиболее значимыми являлись СПМН и полипы эндометрия. Из перенесенных соматических заболеваний наибольшее значение имели заболевания нервной системы, в частности астено-вегетативный синдром, гипертония, патология сердечно-сосудистой системы. Ожирение было менее значимым, чем перечисленные состояния.

Заключение. Ожирение, хотя и является одной из манифестных форм проявления синдрома, не играет ведущей роли в формировании патологии сердечно-сосудистой системы или развития СД 2 типа, как наиболее грозных осложнений и крайних форм проявления МС. Климактерические симптомы, нередко сопровождающие менопаузу, также следует дифференцировать от клинических проявлений МС и тех заболеваний, которые сопутствуют или осложняют имеющуюся патологию в этот период жизни женщины.

Ключевые слова: менопаузальный метаболический синдром, факторы риска, ожирение, климактерический синдром.

Keywords: menopausal metabolic syndrome, risk factors, obesity, menopausal syndrome.

Введение

В последние годы возрос интерес исследователей к проблемам развития метаболического синдрома (МС) у женщин в менопаузе, обусловленный высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений и сахарным диабетом 2 типа. По данным литературы факторами, способствующими развитию МС являются такие, как генетическая предрасположенность, малоподвижный образ жизни, низкий социально-экономический статус, особенности пищевого поведения [1, 6]. Обсуждается снижение содержания эстрадиола и ожирение, как результат изменения кишечной микробиоты [2]. Рассматриваются вопросы влияния дефицита кальциферола на развитие МС [3]. Вместе с тем, несмотря на достаточно широкое обсуждение вопросов развития МС и его проявлений таких, как дислипидемия, абдоминальное ожирение, гиперинсулинемия и инсулинорезистентность, нарушение в системе свертывания крови, вопросы патогенеза и состояний, способствующих формированию МС — продолжают дискутироваться [4,5].

Цель исследования

В связи с изложенным, цель нашего исследования — выделить соматическую и гинекологическую патологию, формирующую факторы риска развития менопаузального метаболического синдрома у женщин.

Материал и методы

Проведено обследование 184 женщин 54,2(0,5) лет, находившихся в менопаузе до 5 лет; 87 из них (основная группа) был выставлен МС, 97 женщин были без МС.

Критерии включения в группы: менопауза 1–5 лет, отсутствие хронических экстрагенитальных заболеваний в стадии обострения, благоприятный онкологический анамнез, естественная менопауза.

Критерии исключения из групп: хирургическая менопауза, онкопатология любой локализации, обострение хронических соматических заболеваний.

Объем обследования: сбор анамнеза, общеклиническое обследование для определения гинекологического и соматического статуса.

Статистическая обработка данных: рассчитывалось среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD). Полученные качественные показатели в таблицах были представлены как в абсолютных значениях, так и в (%) относительных величин. Оценка значимости различий полученных количественных данных, осуществлялась при помощи t- критерия Стьюдента для независимых выборок. Был проведен расчет отношения шансов (OR) развития метаболических нарушений (граница 95% ДИ (CI)) Величина уровня значимости p была определена, как критическая при значениях <0,05.

Результаты

Нами были проанализированы анамнестические данные женщин, вошедших в группы сравнения, характеризующие нарушения репродуктивного периода, возможно способствующие развитию в последующем метаболических нарушений.

Рассматривая репродуктивный анамнез, отметим, что на бесплодие (в том числе эндокринное) в анамнезе не указывала ни одна женщина. Общее число беременностей, приходящихся на 1 пациентку основной группы, составило 4,6(0,7), а в группе сравнения 4,9(0,4), (p=0,710). Статистически значимые различия были получены только по числу поздних выкидышей — в основной группе на 1 женщину число поздних выкидышей составило 0,04(0,001), в группе сравнения 0,03 (0,001), (p<0,001). По указаниям на число естественных и оперативных родов, аборт, ранних выкидышей и внематочных беременностей, методов используемой в течение жизни контрацепции — статистически значимых различий в группах получено не было.

Рассматривая структуру перенесенной гинекологической патологии, отметим, что на первом месте в основной группе были такие состояния, как синдром предменструального напряжения (СПМН), на который указали 74,7% пациенток, на втором месте были воспалительные заболевания шейки матки — 56,3% женщин, далее следовали гиперпластические процессы.

На миому матки, развившуюся в репродуктивном периоде, указали 33,3% женщин основной группы, на гиперпластические процессы эндометрия — 21,8% пациенток. Отметим, что в группе сравнения аналогич-

Таблица 1. Распределение женщин сравниваемых групп по жалобам в период обследования

Показатель	Основная группа (n=87)	Группа сравнения (n=97)	P
	Число женщин в группе —%		
Резкое повышение массы тела (более 10 кг в год)	78 89,7(3,3)	2 2,1(1,5)	0,000
Нарушения сна	52 59,8(5,3)	18 18,6(4,0)	0,000
Утомляемость	72 82,7(4,1)	29 30,0(4,7)	0,000
Апатия	11 12,6(3,6)	11 11,3(3,2)	0,787
Потливость	76 87,4(3,6)	16 16,5(3,8)	0,000
Запоры	27 31,0(5,0)	8 8,2(2,8)	0,0001
Приступы тахикардии	77 88,5(3,4)	21 21,6(4,2)	0,000
Повышение АД	62 71,3(4,9)	4 4,1(2,0)	0,000

Примечание: p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

Таблица 2. Распределение женщин сравниваемых групп по гинекологическому статусу

Показатель	Код МКБ-Х	Основная группа (n=87)	Группа сравнения (n=97)	P
		Число женщин в группе —%		
Миома матки	D25	30 34,4(5,1)	33 34,0(4,8)	0,954
Воспалительные заболевания шейки матки	N86	47 54,0(5,3)	44 45,4(5,1)	0,243
Пролапс гениталий	N81	28 32,2(5,0)	31 31,9(4,8)	0,965

Примечание: p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

ные показатели составили 22,7%, 45,4%, 34,0% и 2,1%, соответственно.

Отметим, что статистически значимые различия были получены по таким заболеваниям, как СПМН ($p < 0,001$) и полипы эндометрия ($p < 0,001$). По остальным нозологическим формам гинекологической патологии статистически значимых различий выявлено не было.

Анализ перенесенных экстрагенитальных заболеваний, указывает на большое число патологии нервной системы, особенно таких ее проявлений, как остеохондроз различных отделов позвоночника и астено-невротический синдром- в основной группе таких пациенток было 71,2%, в группе сравнения 48,5% ($p < 0,001$). На втором по частоте месте были указания на заболевания молочных желез, на фиброзно-кистозную мастопа-

тию указывали 56,3% женщин основной группы и 26,8% женщин группы сравнения ($p < 0,001$). Далее следовали указания на заболевания сердечно-сосудистой системы, в частности, на варикозную болезнь — 47,1% и 12,4%, соответственно ($p < 0,001$). На гипертонию, развившуюся после 35 лет, указали 44,8% пациентки основной группы и только 4,1% в группе сравнения ($p < 0,001$). Сахарным диабетом 2 типа страдало 16,1% женщин основной группы и 3,1% группы сравнения ($p = 0,003$). Кроме того, имелись указания на патологию щитовидной железы (гипотиреоз), по поводу которого получали лечение 9,2% женщин основной группы. В группе сравнения таких пациенток не было.

Далее нами было оценено состояние здоровья женщин в период проведения исследования. Жалобы, с которыми женщины обратились за медицинской помощью, отражены в табл. 1

Таблица 3. Распределение женщин сравниваемых групп по соматическому статусу

Показатель	Код МКБ-Х	Основная группа (n=87)	Группа сравнения (n=97)	P
		Число женщин в группе —%		
Гипертония	I11.9	57 65,5(5,1)	4 4,1(2,0)	0,000
НАДЖБ	K76.0	23 26,4(4,7)	1 1,0(1,0)	0,000
Нарушенная толерантность к глюкозе	R73.0	69 79,3(4,4)	3 3,1(1,8)	0,000
Сахарный диабет 2 типа	E11	18 20,7(4,4)	0	0,000
Бронхиальная астма	J45	8 9,2(3,1)	0	0,003
Гипотиреоз	E01	39 44,8(5,3)	2 2,1(1,5)	0,000
Гипертиреоз	E05	1 1,1(1,1)	1 1,0(1,0)	0,946
Желчекаменная болезнь	K80	21 24,1(4,6)	9 9,2(2,9)	0,006
Ожирение различной степени выраженности	E66.0	60 68,9(5,0)	42 43,2(5,1)	0,0004
Хронический цистит	N30	4 4,6(2,3)	3 3,1(1,8)	0,608
Ревматоидный артрит	M06.0	11 12,6(3,6)	3 3,1(1,8)	0,019
Ишемическая болезнь сердца	I25	6 6,9(2,7)	0	0,011
Остеохондроз позвоночника	M42	71 81,6(4,2)	52 53,6(5,1)	<0,001

Примечание: p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

Анализируя предъявляемые жалобы женщин основной группы, отметим, что наиболее часто пациентки указывали на резкое повышение массы тела, начавшееся за 1–2 года до наступления менопаузы — 89,7%, приступы тахикардии 88,5%, потливость — 87,4%, утомляемость — 82,7% и повышение АД — 71,3%. Женщины группы сравнения наиболее часто жаловались на общую слабость — 30,0%, приступы тахикардии 21,6% и нарушения сна 18,6%. Отметим, что по всем показателям между группами имелись статистически значимые различия (p<0,001).

Что касается гинекологического статуса женщин, в момент включения в группы, то эти данные отражены в табл. 2.

В период обследования у 54% пациенток основной группы и у 45,4% женщин группы сравнения (p=0,243) наиболее часто выявлялись воспалительные заболевания шейки матки, связанные с атрофическими процессами слизистой (как следствие менопаузы). На втором месте по частоте была выявлена миома матки — 34,4% пациенток основной группы и 34,0% группы сравнения

(p=0,954). Укажем, что у всех пациенток миома матки оценивалась, как бессимптомная и эти пациентки не нуждались в терапевтических мерах или хирургическом лечении миомы матки. У трети женщин в каждой группе имели проляпс половых органов в разной стадии выраженности — таких пациенток в основной группе было 32,2%, в группе сравнения — 31,9% (p=0,965).

Далее нами был проанализированы данные общего состояния здоровья обследуемых пациенток (табл. 3).

Рассматривая сопутствующую экстрагенитальную патологию, отметим, что большинство патологических состояний укладывались в комплекс метаболических расстройств. В основной группе у всех женщин диагностировались нарушения толерантности к глюкозе, а у каждой 5 пациентки был выявлен сахарный диабет 2 типа (20,7%). Кроме того, в основной группе у 65,5% женщин регистрировалось повышение артериального давления, которое требовало систематической фармакологической коррекции. Гипотиреоз был выявлен у 44,8% пациенток. Неалкогольная жировая дистрофия печени (НАЖДП) была установлена у 26,4% женщин основной

Таблица 4. Факторы риска развития МС у женщин в менопаузе

Фактор риска (шанс найти фактор риска в основной группе — шанс найти фактор риска в группе сравнения)	Код МКБ-Х	OR(S)	Ci
Анамнез гинекологической патологии			
Полип эндометрия (0,235–0,021)	N84	11,176(0,767)	2,487–50,220
Синдром предменструального напряжения (2,955–0,293)	N94.3	10,072(0,346)	5,113–19,840
Анамнез соматической патологии			
Заболевания системы пищеварения (0,338–0,128)	K00-K93	2,646(0,404)	1,198–5,844
Заболевания сердечно-сосудистой системы (0,891–0,141)	I00-I99	6,313(0,376)	3,023–13,187
Гипертония (0,813–0,043)	I11.9	18,891(0,554)	6,374–55,983
Заболевания нервной системы (астеноневротический синдром, остеохондроз позвоночника) (2,480–0,940)	G55.1	2,638(0,312)	1,431–4,864
Патология молочных желез (1,289–0,366)	N60.1	3,521(0,315)	1,899–6,530
Сопутствующая соматическая патология			
Гипертония (1,900–0,043)	I11.9	44,175(0,558)	14,791–131,935
НАДЖБ (0,359–0,010)	K76.0	34,5(1,034)	4,545–216,895
Нарушенная толерантность к глюкозе (3,833–0,032)	R73.0	120,111(0,643)	34,031–423,929
Гипотиреоз (0,813–0,021)	E01	38,594(0,746)	8,938–166,649
Желчекаменная болезнь (0,318–0,102)	K80	3,111(0,430)	1,338–7,232
Ожирение различной степени выраженности (2,222–0,764)	E66.0	2,910(0,309)	1,587–5,336
Ревматоидный артрит (0,145–0,032)	M06.0	4,535(0,669)	1,221–16,840

группы. Отметим, что различные стадии ожирения регистрировались у 68,9% женщин, а у остальных 31,1% масса тела была повышенной. Перечисленные состояния формировали клинику метаболического синдрома: ожирение, нарушение липидного и углеводного обмена, сопровождающегося изменением состояния сердечно-сосудистой системы. Что касается женщин группы сравнения, то, несмотря на достаточно высокий удельный вес женщин с ожирением 1 и 2 степени (43,2%), остальных проявлений метаболического синдрома у них выявлено не было; 53,6% страдали остеохондрозом (что могло расцениваться, как следствие снижения костной массы в сочетании с высоким весом) и у 9,2% пациенток была диагностирована желчекаменная болезнь, что объяснялось, по — видимому, пристрастиями пищевого поведения и в части случаев особенностями анатомического строения желчного пузыря. При этом поражения сердечно-сосудистой системы и гиперинсулинемии у пациенток группы сравнения установлено не было.

Мы рассчитали факторы риска пациенток по развитию МС. Для расчета факторов риска использовали методику отношения шансов OR (Ci) с определением доверительного интервала. В таблицу включали значения OR больше 1. Результаты выделенных факторов риска мы вывели в отдельную таблицу, ранжировав их в порядке убывания рисков (табл. 4)

Анализируя полученные результаты расчета отношения шансов у женщин в менопаузе, мы выделили основные патологии, формирующие предпосылки к раз-

витию метаболических нарушений. Из перенесенных гинекологических заболеваний наиболее значимыми являлись такие, как СПМН и полипы эндометрия. У таких пациенток шанс развития метаболических нарушений был в 10 раз выше, чем у женщин, не имеющих в анамнезе подобных патологий.

Рассматривая перенесенную экстрагенитальную патологию отметим, что наибольшее значение имели такие состояния, как заболевания нервной системы, в частности астено-вегетативный синдром, у таких пациенток шанс развития МС в менопаузе был в 26 раз выше; на втором месте по значимости была гипертония, шанс развития МС у этих пациенток возрастал в 19 раз, на третьем месте были женщины с патологией сердечно-сосудистой системы — их шансы на развитие МС возрастали в 8 раз.

В менопаузе наибольшее значение имели такие состояния, как нарушения толерантности к глюкозе — шанс развития МС у таких женщин повышался в 120 раз, с гипертонией — в 44 раза, с гипотиреозом — в 39 раз и НАДЖБ — в 36 раз. Что касается ожирения, то этот фактор повышал шанс развития МС только в 3 раза.

Заключение

Таким образом, оценивая медико-социальные показатели женщин сравниваемых групп, укажем, что ожирение, хотя и является одной из манифестных форм проявления синдрома, не играет ведущей роли в фор-

мировании патологии сердечно-сосудистой системы или развития СД 2 типа, как наиболее грозных осложнений и крайних форм проявления МС. Климактерические симптомы, нередко сопровождающие менопаузу,

также следует дифференцировать от клинических проявлений МС и тех заболеваний, которые сопутствуют или осложняют имеющуюся патологию в этот период жизни женщины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Racziewicz D., Owoc A., Wierzbńska-Stepniak A., Bojar I. Metabolic syndrome in peri- and postmenopausal women performing intellectual work. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2018;25(4):610–615. DOI: 10.26444/aaem/74451
2. Gurka M.J., Vishnu A., Santen R.J., DeBoer M.D. Progression of Metabolic Syndrome Severity During the Menopausal Transition. *Journal of the American Heart Association*. 2016;5(8):003609. DOI: 10.1161/JAHA.116.003609
3. Schmitt E.B., Nahas-Neto J., Bueloni-Dias F. et al. Vitamin D deficiency is associated with metabolic syndrome in postmenopausal women. *Maturitas*. 2018;107:97–102. DOI: 10.1016/j.maturitas.2017.10.011
4. Baker J.M., Al-Nakkash L., Herbst-Kralovetz M.M. Estrogen-gut microbiome axis: Physiological and clinical implications. *Maturitas*. 2017;103:45–53. DOI: 10.1016/j.maturitas.2017.06.025
5. Эседова А.Э., Уруджева Н.Г., Ильина И.Ю. Менопаузальный метаболический синдром и риски назначения менопаузальной гормональной терапии. Пути решения. *РМЖ. Мать и дитя*. 2020; 4: 260–266. Режим доступа: https://www.rmj.ru/articles/ginekologiya/Menopauzalnyy_metabolicheskiy_sindrom_i_riski_naznacheniya_menopauzalnoy_gormonalnoy_terapii_Puti_resheniya/
6. Рекомендации по ведению больных с метаболическим синдромом. Клинические рекомендации. М.; 2013. Режим доступа: https://mzdrav.rk.gov.ru/file/mzdrav_18042014_Klinicheskie_rekomendacii_Metabolicheskij_sindrom.pdf

© Шулюкян Зепюр Егизаровна (zoyka_13@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Самарский государственный медицинский университет

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Ablyayev M. — Teacher, State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea "Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov"
ablyayev.marlen@gmail.com

Andreichenko D. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov

Belik A. — Ph.D. in biology, Associate Professor, Voronezh State University
abelik36@gmail.com

Bisemalieva Kh. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russia
fbisemaliev@mail.ru

Budanova M. — Physician-therapist, City Clinical Hospital. M.P. Konchalovsky, Moscow
budan220997@gmail.com

Chernov D. — Applicant, Tula State University
cherncib@gmail.com

Danilenko I. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Surgut State University
vice1@surgu.ru

Dobrokhotova Yu. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation

Emelyanov R. — Dr. Sci. Tech., Professor, Siberian Federal University
ert-44@yandex.ru

Gofman M. — Ph. D., associate professor, Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I (St. Petersburg, Russia)
maxgof@gmail.com

Goldobina P. — Post-graduate student, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)
pelagold_nn.52@mail.ru

Gorbunova Yu. — Ph.D. in biology, Associate Professor, Voronezh State University
gorbunova.vsu@mail.ru

Hasanova A. — Ph.D., senior lecturer of Sumgait State University, Republic of Azerbaijan, Sumgait
arzu.h85@mail.ru

Hashimova P. — Doctoral student at the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku
peri.omar87@gmail.com

Huseynova G. — Doctoral student at the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku
gulnar_muel@mail.ru

Ignatiev D. — Graduate student, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics (ICMiMG SB RAS) (Novosibirsk)
den.ignatev@gmail.com

Ivanchura V. — Dr. Sci. Tech., Professor, Siberian Federal University
ivan43ura@yandex.ru

Jalilov A. — Candidate of Medical Sciences, Karshi Branch, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology
Jalilov_adham@mail.ru

Kaliberda I. — Institute of Service, Tourism and Design (branch) of NCFU in Pyatigorsk
kaliberda.igor@ya.ru

Kalimatova D. — PhD, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation
9227707@gmail.com

Karev A. — Postgraduate student, Kosygin Russian State University
alexcarew777@yandex.ru

Kolesnikova A. — Ph.D. in Medical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE South-Urals State Medical University MOH Russia (Chelyabinsk)
olekol@mail.ru

Kolesnikov O. — Doctor of Medical Sciences, Professor, FSBEI HE South-Urals State Medical University MOH Russia (Chelyabinsk)
kaf-biol@mail.ru

Kravtsov A. — Ph.D., Associate Professor, JSC "Concern aerospace defense "Almaz-Antey"
a.kravcov@almaz-antey.ru

Kryukov A. — JSC "Concern aerospace defense "Almaz-Antey"
alexeykryukov@yandex.ru

Kultchiev A. — Doctor of Medical Sciences, professor, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Kuzin D. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Surgut State University
kuzin_da@surgu.ru

Moiseev G. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Bryansk
gregory.d.moiseev@gmail.com

Nabizhanov Zh. — Graduate student, Siberian Federal University
jasur150691@yandex.ru

Nikolaeva E. — Ph.D., associate Professor, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)

Ozeretskovskaya E. — Chief veterinarian of LLC "Russian Rabbit"
vet@rus-krol.ru

Perisaeva E. — Assistant, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
perisaeva.elinka@yandex.ru

Prokopen A. — Ph.D., Associate Professor, Siberian Federal University
prok1@yandex.ru

Prozorov Ya. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technical University», Bryansk
yprozorov@gmail.com

Pruss B. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Bryansk
prussbor@gmail.com

Romanov V. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Bryansk
vromanov62@mail.ru

Safronchik M. — Post-graduate student, Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov
safronchikmi@yandex.ru

Semidotskiy D. — Graduate student, Voronezh State Technical University
dmitry.semidotsky@pirelli.com

Serikova O. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko
natasable@yandex.ru

Shulukian Z. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation
zoyka_13@mail.ru

Stupin A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russia
euaristus@mail.ru

Suleyman F. — Doctoral student at the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku
s.feride.96@gmail.com

Tarabrina Yu. — Ph.D. in Medical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE South-Urals State Medical University MOH Russia (Chelyabinsk)
julikol@mail.ru

Tarabrina Yu. — Ph.D. in Medical Sciences, Associate Professor, South-Urals State Medical University MOH Russia (Chelyabinsk)
julikol@mail.ru

Tjurin M. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Kosygin Russian State University
tjurinmp@ya.ru

Zdyumaeva N. — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kostroma State Agricultural Academy
ztb_znp@mail.ru

Zhulev E. — M.D., Professor, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).

